Artikel Penelitian

Penerapan FWP dengan Pembobotan Menggunakan Koefisien Variasi untuk Pemeringkatan Universitas Terbaik Tingkat Dunia Tahun 2025

Do'aul Isma Mufidah, Turmudi*, and Achmad Nashichuddin

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia

Riwayat Artikel

Diterima 17 Juni 2026
Direvisi 7 Juli 2026
Disetujui 19 Agustus 2026
Diterbitkan 30 Agustus 2026

Check for updates

Hak cipta © 2026 oleh Penulis, diterbitkan oleh JRMM Group. Artikel ini tersedia secara terbuka berdasarkan Lisensi CC BY-SA.

Abstract. This study applies coefficient-of-variation weighting to the Fuzzy Weighted Product (FWP) method for ranking universities and compares the results with standard FWP and QS World University Rankings 2025. The analysis uses nine indicator scores for the 382 highest-ranked universities in the selected QS 2025 release. Linguistic categories are determined using membership functions and explicitly defined quartile-boundary rules, then converted into scores from 0.2 to 1. Standard FWP uses the corrected QS weights, while FWP-KV uses normalized coefficients of variation. Rank agreement is evaluated using Spearman correlation and Kendall tau-b with tied ranks accounted for. Massachusetts Institute of Technology ranks first under both methods, with relative preference values of 0.005366018 for standard FWP and 0.005145606 for FWP-KV. Spearman correlations with QS are 0.943018 for standard FWP and 0.855342 for FWP-KV; the correlation between the two FWP methods is 0.876586. The results indicate substantial positive rank agreement, while standard FWP is more closely aligned with QS in this sample. Coefficient-of-variation weighting changes university positions and does not establish equivalence between the rankings.

Keywords: *Fuzzy Weighted Product*; Coefficient of Variation; Fuzzy Logic; University Ranking; Rank Correlation

Abstrak. Penelitian ini menerapkan pembobotan Koefisien Variasi (KV) pada metode Fuzzy Weighted Product (FWP) untuk pemeringkatan universitas serta membandingkan hasilnya dengan FWP standar dan QS World University Rankings 2025. Analisis menggunakan sembilan skor indikator dari 382 universitas berperingkat tertinggi pada rilis QS 2025 yang dipilih. Kategori linguistik ditentukan menggunakan fungsi keanggotaan dan aturan batas kuartil yang dijelaskan secara eksplisit, kemudian dikonversi menjadi skor 0,2 hingga 1. FWP standar menggunakan bobot QS yang telah dikoreksi, sedangkan FWP-KV menggunakan KV yang dinormalisasi. Kesesuaian urutan dievaluasi menggunakan korelasi Spearman dan Kendall tau-b dengan memperhitungkan peringkat sama. Massachusetts Institute of Technology menempati posisi pertama pada kedua metode, dengan nilai preferensi relatif 0,005366018 untuk FWP standar dan 0,005145606 untuk FWP-KV. Korelasi Spearman terhadap QS sebesar 0,943018 untuk FWP standar dan 0,855342 untuk FWP-KV, sedangkan korelasi antara kedua metode FWP sebesar 0,876586. Hasil menunjukkan kesesuaian urutan positif yang tinggi, tetapi FWP standar lebih dekat dengan urutan QS pada sampel ini. Pembobotan KV mengubah posisi universitas dan tidak membuktikan kesetaraan hasil pemeringkatan.

Kata kunci: *Fuzzy Weighted Product*; Koefisien Variasi; Logika Fuzzy; Pemeringkatan Universitas; Korelasi Peringkat

1. Pendahuluan

Logika fuzzy merupakan pendekatan matematis yang mampu menangani ketidakpastian dan ketidaktepatan informasi dalam proses pengambilan keputusan [1, 2]. Salah satu pengembangannya adalah *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making* (FMADM), yaitu metode pengambilan keputusan yang mempertimbangkan banyak kriteria dalam mengevaluasi alternatif [3]. Salah satu metode dalam FMADM adalah *Fuzzy Weighted Product* (FWP), yang melakukan penilaian alternatif melalui operasi perkalian berbobot dalam lingkungan fuzzy [4]. Metode ini mampu menangani data linguistik dan kriteria dengan skala yang berbeda sehingga banyak diterapkan pada berbagai permasalahan pengambilan keputusan, termasuk sistem pemeringkatan [5].

Dalam konteks pendidikan tinggi, pemeringkatan universitas berperan sebagai indikator kualitas institusi dan menjadi acuan bagi berbagai pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan [6, 7]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode FWP efektif digunakan dalam proses pengambilan keputusan karena perhitungannya relatif sederhana dan mampu menangani ketidakpastian data [5]. Namun, pembobotan kriteria pada metode FWP umumnya masih ditentukan berdasarkan preferensi pengambil keputusan sehingga berpotensi menimbulkan subjektivitas [8].

Koefisien Variasi (KV) merupakan ukuran statistik yang menyatakan tingkat keragaman relatif data melalui perbandingan simpangan baku terhadap rata-rata [9]. Dalam pengambilan keputusan multikriteria, KV dapat digunakan sebagai metode pembobotan objektif karena bobot ditentukan berdasarkan tingkat variasi data pada setiap kriteria [10]. Pendekatan ini telah diterapkan pada berbagai penelitian dan dinilai mampu mengurangi subjektivitas dalam penentuan bobot [11, 12].

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan menerapkan Koefisien Variasi sebagai metode pembobotan pada FWP untuk pemeringkatan universitas terbaik dunia tahun 2025 serta membandingkan hasilnya dengan FWP standar dan *QS World University Rankings* 2025. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi pembobotan menggunakan KV ke dalam metode FWP pada kasus pemeringkatan universitas dunia serta evaluasi kesesuaian urutan menggunakan korelasi Spearman dan Kendall τ_b.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian deskriptif. Tujuan penelitian adalah menganalisis penerapan metode *Fuzzy Weighted Product* (FWP) dengan pembobotan Koefisien Variasi (KV) serta membandingkan hasil pemeringkatannya dengan *QS World University Rankings* dan metode FWP standar. Data sekunder berupa sembilan skor indikator QS World University Rankings 2025 untuk 382 universitas dengan urutan tertinggi pada rilis yang dianalisis. Sampel ditetapkan secara purposif berdasarkan urutan tertinggi pada rilis tersebut dan tidak mewakili seluruh universitas dunia. Data numerik diperoleh dari arsip CSV publik dan seluruh skor pada sampel dicocokkan dengan tabel QS Insights edisi Juni 2024 [13, 14]. Sampel dimulai dari Massachusetts Institute of Technology dan berakhir pada University of Pisa. Semua 382 universitas memiliki sembilan skor yang lengkap; tidak dilakukan imputasi atau penggantian sampel. Identitas universitas digunakan sebagai kunci pencocokan. Skor indikator QS digunakan sebagai atribut benefit; penelitian tidak menggunakan rasio dosen atau mahasiswa mentah. Penelitian ini

*Email penulis korespondensi: Turmudi_msi@mat.uin-malang.ac.id
DOI: https://doi.org/10.18860/jrmm.v5i6.44032 / p-ISSN: 2808-1552 | e-ISSN: 2808-4926

dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut [15].

1. **Perancangan sistem fuzzy**
   a. Penentuan variabel
   Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian.
   b. Penentuan domain dari himpunan fuzzy
   Domain setiap himpunan fuzzy ditentukan menggunakan kuartil data tunggal. Kuartil merupakan ukuran letak yang membagi data yang telah diurutkan menjadi empat bagian sama banyak [16]. Letak kuartil dihitung menggunakan persamaan berikut. Nilai kuartil diperoleh melalui interpolasi linier pada posisi tersebut, kemudian dibulatkan menjadi satu angka desimal dengan aturan setengah ke atas untuk menetapkan batas kategori secara konsisten:

$$Q_i = \frac{i}{4}(m+1) \tag{1}$$

   Keterangan:

   i : 1, 2, dan 3,
   m : Banyak data.

   c. Penentuan fungsi keanggotaan dari variabel
   Fungsi keanggotaan mengikuti bentuk pada Gambar 1: linier turun untuk sangat rendah, segitiga untuk rendah, sedang, dan tinggi, serta singleton pada nilai maksimum untuk sangat tinggi. Untuk kriteria ke-j, notasi a_j, b_j, c_j menyatakan kuartil pertama, kedua, dan ketiga, sedangkan l_j, u_j adalah nilai minimum dan maksimum sampel. Fungsi segitiga ditulis sebagai

$$\text{tri}(x; a, b, c) = \max\left\{0, \min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right)\right\}. \tag{2}$$

   Ketiga segitiga memiliki parameter $(a_j, (a_j + b_j)/2, b_j)$, $(b_j, (b_j + c_j)/2, c_j)$, dan $(c_j, (c_j + u_j)/2, u_j)$. Derajat sangat rendah adalah $(a_j - x)/(a_j - l_j)$ untuk $l_j \le x < a_j$, dan nol pada nilai lainnya. Derajat sangat tinggi bernilai satu hanya ketika $x = u_j$, dan nol pada nilai lainnya.
   Kategori dipilih dari derajat keanggotaan terbesar. Bentuk fungsi yang dipertahankan memiliki dukungan yang tidak tumpang tindih, sehingga kategori sesuai interval $[l_j, a_j)$, $[a_j, b_j)$, $[b_j, c_j)$, $[c_j, u_j)$, serta $\{u_j\}$. Tepat pada a_j, b_j, c_j, semua fungsi dapat bernilai nol; kasus batas ini ditetapkan berturut-turut sebagai rendah, sedang, dan tinggi, sesuai interval yang dimulai pada batas tersebut. Aturan ini juga mencakup nilai berpresisi lebih tinggi tanpa meninggalkan celah antarinterval.
   Kategori sangat rendah hingga sangat tinggi kemudian diberi skor $r_k = 0{,}2k$ untuk $k = 1, \ldots, 5$. Skor kategori ini merupakan masukan X_{ij} pada FWP, berbeda dari derajat keanggotaan $\mu_k(x)$ yang digunakan saat pemilihan kategori. Dengan demikian, derajat keanggotaan kecil pada kategori tinggi tetap menghasilkan skor kategori 0,8; derajat tersebut tidak langsung dikalikan dengan bobot FWP. Skema ini menghasilkan lima skor diskret untuk perhitungan FWP.

2. **Penerapan *Fuzzy Weighted Product***
   a. Identifikasi data alternatif
   Setiap alternatif dilambangkan dengan A_i, dengan $i = 1, 2, 3, \ldots, m$. Contoh data alternatif disajikan pada Tabel 1.
   b. Identifikasi kriteria penelitian
   Setiap kriteria dilambangkan dengan C_j, dengan $j = 1, 2, 3, \ldots, p$. Daftar kriteria disajikan pada Tabel 2.
   c. Identifikasi bobot awal setiap kriteria

Tabel 1: Identifikasi Data Alternatif

Alternatif	Notasi
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	A_1
Imperial College London	A_2
University of Oxford	A_3
⋮	⋮
Technische Universität Bergakademie Freiberg	A_{380}
University of Kent	A_{381}
University of Pisa	A_{382}

Tabel 2: Identifikasi Kriteria Penilaian

Kriteria	Notasi
Reputasi Akademik	C_1
Reputasi Pemberi Kerja	C_2
Rasio Dosen dan Mahasiswa	C_3
Sitasi per Dosen	C_4
Rasio Dosen Internasional	C_5
Rasio Mahasiswa Internasional	C_6
Jaringan Penelitian Internasional	C_7
Hasil Ketenagakerjaan	C_8
Keberlanjutan	C_9

Pada metode FWP standar, bobot awal menggunakan bobot indikator yang ditetapkan oleh *QS World University Rankings* 2025. Sementara itu, pada metode FWP-KV, bobot ditentukan menggunakan KV yang dihitung berdasarkan tingkat keragaman data setiap kriteria. KV dinyatakan sebagai rasio simpangan baku sampel terhadap rata-rata skor mentah setiap indikator, sebelum konversi linguistik. Penggunaan persen pada semua indikator menghasilkan bobot relatif yang sama karena faktor 100 saling menghilangkan dalam normalisasi. Nilai KV dihitung menggunakan persamaan [10]:

$$KV = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}(X_i - \bar{X})^2}{m-1}}}{\bar{X}} \tag{3}$$

Keterangan:

X_i : Data ke-i,
$\bar{X}$: Rata-rata,
m : Banyak data.

   d. Penetapan rating kecocokan alternatif pada setiap kriteria
   Nilai setiap alternatif pada masing-masing kriteria dikonversi ke dalam bentuk linguistik sesuai himpunan fuzzy yang telah ditentukan.
   e. Transformasi ke dalam nilai fuzzy
   Nilai linguistik kemudian ditransformasikan menjadi nilai fuzzy untuk membentuk matriks keputusan yang digunakan dalam perhitungan FWP.
   f. Perhitungan nilai relatif bobot kriteria untuk memperoleh bobot baru kriteria
   Bobot awal dinormalisasi untuk memperoleh bobot relatif menggunakan persamaan:

$$W_j' = \frac{W_j}{\sum W_j}, \quad \text{dengan } j = 1, 2, 3, \ldots, p \tag{4}$$

   Keterangan:

   W_j' : Bobot baru kriteria ke-j,
   W_j : Bobot awal kriteria ke-j,
   $\sum W_j$: Jumlah seluruh bobot awal.

   g. Perhitungan nilai preferensi alternatif
   Nilai preferensi alternatif dihitung menggunakan persamaan:

$$S_i = \prod_{j=1}^{p} X_{ij}^{W_j'}, \qquad i = 1, \ldots, m. \tag{5}$$

Keterangan:

S_i : Nilai preferensi alternatif ke-i,
X_{ij} : Nilai alternatif ke-i pada kriteria ke-j,
W_j' : Bobot baru kriteria ke-j,
i : Indeks alternatif,
j : Indeks kriteria,
m : Banyaknya alternatif,
p : Banyaknya kriteria.

h. Mencari nilai preferensi relatif
Nilai preferensi relatif dihitung menggunakan persamaan:

$$V_i = \frac{S_i}{\sum_{k=1}^{m} S_k} \tag{6}$$

Keterangan:

V_i : Nilai preferensi relatif alternatif ke-i,
S_i : Nilai preferensi alternatif ke-i,
$\sum S_i$: Jumlah seluruh nilai preferensi alternatif.

i. Pemeringkatan alternatif
Pemeringkatan dilakukan dengan mengurutkan nilai preferensi relatif (V_i) dari terbesar hingga terkecil. Alternatif dengan nilai terbesar ditetapkan sebagai alternatif terbaik.

3. **Evaluasi kesesuaian pemeringkatan**
Evaluasi dilakukan secara deskriptif menggunakan Spearman dan Kendall τ_b pada tiga pasangan: QS dengan FWP standar, QS dengan FWP-KV, serta FWP standar dengan FWP-KV. Vektor peringkat dipasangkan berdasarkan identitas universitas yang sama. Angka lebih kecil selalu menunjukkan posisi lebih baik. Nilai S_i yang sama hingga toleransi numerik 12 desimal diberi peringkat rata-rata; pengurutan tidak memakai nilai V_i yang sudah dibulatkan untuk penyajian. Peringkat QS yang sama juga diperlakukan sebagai ikatan, bukan dipecah berdasarkan urutan baris.
Koefisien Spearman ρ_s dihitung sebagai korelasi Pearson antara dua vektor peringkat rata-rata. Kendall τ_b memperhitungkan ikatan peringkat [17, 18]:

$$\tau_b = \frac{P - Q}{\sqrt{(P + Q + T)(P + Q + U)}}. \tag{7}$$

P dan Q adalah jumlah pasangan konkordan dan diskordan, sedangkan T dan U menghitung pasangan yang terikat hanya pada masing-masing pemeringkatan. Nilai mendekati satu menunjukkan kesesuaian urutan lebih tinggi. Koefisien dilaporkan untuk seluruh 382 universitas terpilih tanpa uji inferensi terhadap populasi universitas dunia. Evaluasi ini mengukur kesesuaian urutan; tidak adanya perbedaan menurut Wilcoxon tidak digunakan sebagai bukti konsistensi atau kesetaraan pemeringkatan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan penelitian yang meliputi perancangan sistem fuzzy, penerapan metode *Fuzzy Weighted Product* (FWP), dan evaluasi hasil pemeringkatan disajikan sebagai berikut.

1. **Perancangan Sistem Fuzzy**
a. Penentuan variabel
Sistem fuzzy dibangun menggunakan sembilan variabel yang berasal dari indikator *QS World University Rankings* 2025, yaitu reputasi akademik, reputasi pemberi kerja, rasio dosen dan mahasiswa, sitasi per dosen, rasio dosen internasional, rasio mahasiswa internasional, jaringan penelitian internasional, hasil ketenagakerjaan, dan keberlanjutan. Variabel-variabel tersebut digunakan sebagai kriteria dalam proses pemeringkatan universitas.

b. Penentuan domain himpunan fuzzy
Domain himpunan fuzzy ditentukan menggunakan kuartil data tunggal yang diperoleh dari masing-masing kriteria. Setiap kriteria dibagi ke dalam lima himpunan linguistik, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Nilai kuartil yang diperoleh untuk setiap kriteria disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3: Nilai Variabel pada Tiap Kuartil

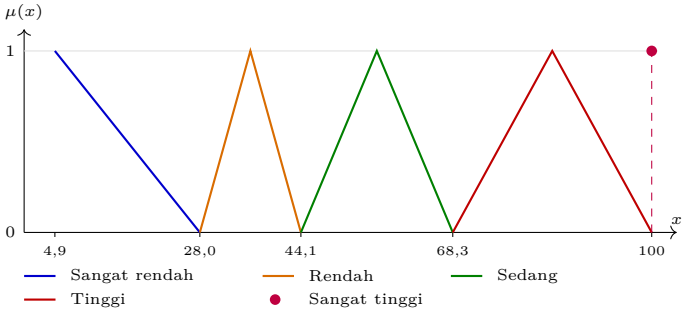
Variabel	Q_1	Q_2	Q_3
Reputasi Akademik	28	44,1	68,3
Reputasi Pemberi Kerja	23,9	41,8	70,8
Rasio Dosen dan Mahasiswa	14,2	35,7	65
Sitasi per Dosen	29,2	50,6	78,8
Rasio Dosen Internasional	19,4	63,8	95,1
Rasio Mahasiswa Internasional	15	43,1	84,1
Jaringan Penelitian Internasional	71,3	85,4	93,8
Hasil Ketenagakerjaan	23,9	46,6	78,1
Keberlanjutan	37,8	70,8	89,9

Berdasarkan nilai kuartil tersebut, domain masing-masing himpunan fuzzy dibentuk sesuai rentang nilai setiap kriteria. Contoh domain himpunan fuzzy untuk variabel reputasi akademik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4: Domain Kategori Reputasi Akademik

Kategori	Skor	Domain
Sangat rendah	0,2	[4,9; 28,0)
Rendah	0,4	[28,0; 44,1)
Sedang	0,6	[44,1; 68,3)
Tinggi	0,8	[68,3; 100)
Sangat tinggi	1	{100}

c. Penentuan fungsi keanggotaan
Fungsi keanggotaan dibentuk berdasarkan nilai minimum, kuartil, dan nilai maksimum setiap kriteria. Himpunan fuzzy sangat rendah direpresentasikan menggunakan fungsi linier turun, himpunan rendah, sedang, dan tinggi menggunakan fungsi segitiga, sedangkan himpunan sangat tinggi direpresentasikan menggunakan fungsi singleton pada nilai maksimum. Bentuk fungsi keanggotaan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Fungsi Keanggotaan yang Digunakan

2. **Penerapan *Fuzzy Weighted Product***
a. Identifikasi bobot awal setiap kriteria
Pada metode FWP standar, bobot kriteria mengacu pada indikator yang digunakan dalam *QS World University Rankings* 2025 [19]. Seluruh kriteria pada penelitian ini termasuk ke dalam atribut *benefit*, sehingga nilai yang lebih besar menunjukkan kinerja universitas yang lebih baik. Sementara itu, pada pendekatan KV, bobot awal ditentukan berdasarkan tingkat keragaman data pada setiap kriteria. Hasil perbandingan bobot standar dan bobot KV disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5: Bobot QS 2025 dan Koefisien Variasi

Kriteria	Bobot QS (%)	KV	Notasi
C_1	30	0,531123820	W_1
C_2	15	0,603744320	W_2
C_3	10	0,731701201	W_3
C_4	20	0,562721718	W_4
C_5	5	0,641031078	W_5
C_6	5	0,725983791	W_6
C_7	5	0,218936187	W_7
C_8	5	0,581710181	W_8
C_9	5	0,464315463	W_9

b. Penetapan rating kecocokan alternatif pada setiap kriteria
Nilai setiap alternatif pada masing-masing kriteria dipetakan ke dalam variabel linguistik berdasarkan domain dan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan sebelumnya. Sebagian hasil penetapan rating kecocokan alternatif disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6: Kategori Linguistik Alternatif pada Setiap Kriteria

A_i	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
A_1	ST	ST	ST	ST	T	T	T	ST	T
A_2	T	T	T	T	ST	T	T	T	T
A_3	ST	ST	ST	T	T	T	ST	ST	S
A_{380}	SR	SR	SR	T	R	ST	SR	SR	SR
A_{381}	SR	SR	R	R	T	S	R	R	R
A_{382}	R	SR	SR	R	SR	SR	S	SR	R

SR: sangat rendah; R: rendah; S: sedang;
T: tinggi; ST: sangat tinggi.

c. Transformasi ke dalam nilai fuzzy
Rating kecocokan alternatif dalam bentuk linguistik kemudian ditransformasikan ke dalam nilai fuzzy agar dapat digunakan dalam proses perhitungan metode FWP. Sebagian hasil transformasi nilai fuzzy disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7: Skor Kategori sebagai Masukan FWP

Alternatif	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
A_1	1	1	1	1	0,8	0,8	0,8	1	0,8
A_2	0,8	0,8	0,8	0,8	1	0,8	0,8	0,8	0,8
A_3	1	1	1	0,8	0,8	0,8	1	1	0,6
A_{380}	0,2	0,2	0,2	0,8	0,4	1	0,2	0,2	0,2
A_{381}	0,2	0,2	0,4	0,4	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4
A_{382}	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2	0,4

d. Perhitungan nilai relatif bobot kriteria untuk memperoleh bobot baru kriteria
Bobot awal pada kedua metode dinormalisasi menggunakan Pers. (4) untuk memperoleh bobot baru yang digunakan dalam perhitungan FWP. Proses normalisasi menghasilkan total bobot sebesar satu sehingga proporsi kepentingan antar kriteria tetap terjaga. Seluruh KV dihitung ulang dari data yang sama; KV indikator dosen internasional adalah 0,641031078. Hasil perhitungan bobot relatif untuk metode FWP standar dan FWP-KV disajikan pada Tabel 8.

e. Perhitungan nilai preferensi alternatif
Nilai preferensi alternatif dihitung menggunakan Pers. (5) dengan mengalikan nilai fuzzy setiap kriteria yang telah dipangkatkan oleh bobot relatifnya. Perhitungan dilakukan menggunakan bobot relatif hasil metode FWP standar dan FWP-KV sehingga diperoleh nilai preferensi alternatif yang berbeda untuk setiap pendekatan.
Hasil perhitungan nilai preferensi alternatif untuk beberapa alternatif ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 8: Bobot Relatif Setiap Kriteria

Kriteria	FWP standar	FWP-KV
C_1	0,300000000	0,104938890
C_2	0,150000000	0,119287172
C_3	0,100000000	0,144568759
C_4	0,200000000	0,111181969
C_5	0,050000000	0,126654251
C_6	0,050000000	0,143439120
C_7	0,050000000	0,043257183
C_8	0,050000000	0,114933690
C_9	0,050000000	0,091738964
Total	1	1

Tabel 9: Nilai Preferensi Alternatif setelah Koreksi Bobot

Alternatif	FWP standar	FWP-KV
A_1	0,956352500	0,913571977
A_2	0,808975721	0,822932193
A_3	0,911663482	0,876392046
A_{380}	0,296102445	0,320888817
A_{381}	0,309351735	0,396229060
A_{382}	0,309351735	0,259623475
Jumlah	178,223875860	177,544087921

f. Mencari nilai preferensi relatif
Nilai preferensi relatif dihitung menggunakan Pers. (6) dengan membagi nilai preferensi alternatif (S) terhadap total seluruh nilai preferensi alternatif. Nilai V digunakan sebagai dasar dalam proses pemeringkatan karena menunjukkan tingkat preferensi relatif setiap alternatif terhadap alternatif lainnya.
Sebagian hasil perhitungan nilai preferensi relatif disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10: Nilai Preferensi Relatif setelah Koreksi Bobot

Alternatif	FWP standar	FWP-KV
A_1	0,005366018	0,005145606
A_2	0,004539098	0,004635086
A_3	0,005115271	0,004936194
A_{380}	0,001661407	0,001807375
A_{381}	0,001735748	0,002231722
A_{382}	0,001735748	0,001462304
Jumlah	1,000000000	1,000000000

Contoh lengkap Imperial College London (A_2). Untuk reputasi akademik, skor mentah adalah 98,5 dan parameter kategori tinggi adalah (68,3; 84,15; 100). Oleh karena itu,

$$\mu_{\mathrm{T}}(98{,}5) = \frac{100 - 98{,}5}{100 - 84{,}15} = 0{,}094637.$$

Derajat kategori lainnya nol, sehingga kategori terpilih adalah tinggi dan skor FWP-nya $X_{21} = 0{,}8$. Nilai 0,094637 merupakan derajat keanggotaan, sedangkan 0,8 adalah skor kategori. Proses serupa diterapkan pada seluruh indikator sebagaimana Tabel 11. T menyatakan tinggi dan ST menyatakan sangat tinggi. Seluruh derajat kategori yang tidak terpilih pada contoh ini bernilai nol. Parameter maksimum setiap indikator pada sampel adalah 100.
Vektor skor kategori A_2 adalah

$$(0{,}8; 0{,}8; 0{,}8; 0{,}8; 1; 0{,}8; 0{,}8; 0{,}8; 0{,}8).$$

Pada bobot QS, hanya C_5 berskor satu dengan bobot 0,05; maka

$$S_2 = 0{,}8^{0{,}95} \times 1^{0{,}05} = 0{,}808975721.$$

Pada bobot KV, $w_5^{KV} = 0{,}126654251$, sehingga

$$S_2^{KV} = 0{,}8^{1-w_5^{KV}} = 0{,}822932193.$$

Tabel 11: Fuzzifikasi dan Faktor FWP Imperial College London

Kriteria	Skor QS	μ terpilih	Kategori	X_{2j}	w_j	$X_{2j}^{w_j}$	w_j^{KV}	$X_{2j}^{w_j^{KV}}$
C_1	98,5	0,094637	T	0,8	0,30	0,935248	0,104939	0,976856
C_2	99,5	0,034247	T	0,8	0,15	0,967082	0,119287	0,973733
C_3	98,2	0,102857	T	0,8	0,10	0,977933	0,144569	0,968255
C_4	93,9	0,575472	T	0,8	0,20	0,956352	0,111182	0,975496
C_5	100	1,000000	ST	1	0,05	1,000000	0,126654	1,000000
C_6	99,6	0,050314	T	0,8	0,05	0,988905	0,143439	0,968499
C_7	97,4	0,838710	T	0,8	0,05	0,988905	0,043257	0,990394
C_8	93,4	0,602740	T	0,8	0,05	0,988905	0,114934	0,974679
C_9	99,7	0,059406	T	0,8	0,05	0,988905	0,091739	0,979737

Total nilai preferensi seluruh 382 universitas adalah $\sum_i S_i = 178{,}223875860$ dan $\sum_i S_i^{KV} = 177{,}544087921$. Normalisasi menghasilkan

$$V_2 = \frac{0{,}808975721}{178{,}223875860} = 0{,}004539098,$$

$$V_2^{KV} = \frac{0{,}822932193}{177{,}544087921} = 0{,}004635086.$$

Perhitungan menggunakan presisi penuh sebelum pembulatan tampilan. Imperial memperoleh peringkat rata-rata 7,5 pada FWP standar dan 5,5 pada FWP-KV, sedangkan peringkat QS-nya adalah 2.

g. Pemeringkatan alternatif
Nilai preferensi relatif yang diperoleh pada tahap sebelumnya digunakan sebagai dasar dalam proses pemeringkatan alternatif. Alternatif dengan nilai preferensi relatif terbesar menempati peringkat tertinggi, sedangkan alternatif dengan nilai preferensi relatif terkecil berada pada peringkat terendah. Hasil pemeringkatan menggunakan metode FWP standar dan FWP-KV disajikan pada Tabel 12.
Berdasarkan Tabel 12, MIT (A_1) menempati posisi pertama pada kedua metode. Pada FWP standar, Oxford (A_3) dan Cambridge (A_5) memiliki nilai preferensi sama sehingga memperoleh peringkat rata-rata 2,5. Pada FWP-KV, Cambridge berada di posisi kedua dan Oxford di posisi ketiga. Imperial College London (A_2) dan ETH Zurich (A_7) juga memiliki nilai sama dalam masing-masing metode; peringkat rata-ratanya adalah 7,5 pada FWP standar dan 5,5 pada FWP-KV. Peringkat pecahan menunjukkan ikatan, bukan kesalahan pengurutan.
Pembobotan KV memberikan bobot relatif terbesar pada rasio dosen dan mahasiswa, yaitu 0,144568759. Hal ini menunjukkan variasi relatif indikator tersebut paling besar dalam sampel, tetapi tidak dengan sendirinya membuktikan bahwa indikator tersebut paling penting secara substantif atau paling menentukan mutu universitas.

3. **Evaluasi kesesuaian pemeringkatan**

Tabel 13: Kesesuaian Pemeringkatan pada 382 Universitas

Pasangan	Spearman ρ_s	Kendall τ_b
QS dengan FWP standar	0,943018	0,796769
QS dengan FWP-KV	0,855342	0,671422
FWP standar dengan FWP-KV	0,876586	0,702089

Korelasi Spearman FWP standar dengan QS sebesar 0,943018, lebih tinggi daripada FWP-KV dengan QS sebesar 0,855342. Kendall τ_b memberikan pola yang sama, yaitu 0,796769 dan 0,671422. Dengan demikian, FWP standar lebih dekat dengan urutan QS pada sampel ini. Kedekatan tersebut tidak berarti FWP mereplikasi perhitungan agregasi QS, karena FWP menggunakan perkalian berbobot atas skor kategori yang telah didiskretkan.
Antara FWP standar dan FWP-KV diperoleh $\rho_s = 0{,}876586$ dan $\tau_b = 0{,}702089$. Kedua koefisien menunjukkan hubungan urutan positif yang tinggi, tetapi nilainya di bawah satu menegaskan adanya perubahan posisi. Oleh karena itu, hasil tidak mendukung pernyataan bahwa pembobotan KV menghasilkan urutan yang sama atau setara dengan FWP standar maupun QS. Kesesuaian diukur dari besar koefisien korelasi, bukan dari tidak ditemukannya perbedaan signifikan menurut Wilcoxon.
Diskretisasi lima skor menghasilkan ikatan peringkat, terutama pada FWP standar. Kendall τ_b digunakan agar ikatan tersebut diperhitungkan. Hasil juga terbatas pada 382 universitas terpilih, satu edisi data QS, batas kuartil yang dibulatkan satu desimal, dan aturan kategori yang digunakan. Penilaian KV bersifat berbasis penyebaran data; kesesuaiannya dengan QS dan makna substantif bobot harus dibedakan.

4. Kesimpulan

Penerapan FWP menggunakan bobot QS 2025 yang tepat dan pembobotan KV pada 382 universitas menghasilkan MIT sebagai peringkat pertama pada kedua metode. Nilai preferensi relatifnya adalah 0,005366018 pada FWP standar dan 0,005145606 pada FWP-KV. Proses fuzzifikasi dijelaskan melalui pemilihan kategori berdasarkan fungsi keanggotaan, aturan khusus pada batas kuartil, dan konversi kategori menjadi skor 0,2 hingga 1.

Korelasi Spearman terhadap QS sebesar 0,943018 untuk FWP

Tabel 12: Sepuluh Urutan Teratas pada Kedua Metode

Peringkat	FWP standar	V_i	Peringkat	FWP-KV	V_i
1	A_1	0,005366018	1	A_1	0,005145606
2,5	A_3	0,005115271	2	A_5	0,005028914
2,5	A_5	0,005115271	3	A_3	0,004936194
4	A_4	0,005025975	4	A_8	0,004696686
5	A_6	0,004915065	5,5	A_2	0,004635086
6	A_{12}	0,004549695	5,5	A_7	0,004635086
7,5	A_2	0,004539098	7	A_6	0,004523296
7,5	A_7	0,004539098	8	A_4	0,004489723
9	A_8	0,004524475	9	A_{15}	0,004392707
10	A_{15}	0,004410377	10	A_{25}	0,004272883

standar dan 0,855342 untuk FWP-KV menunjukkan bahwa FWP standar lebih dekat dengan urutan QS dalam sampel ini. Korelasi antara kedua metode FWP sebesar 0,876586 menunjukkan kesesuaian urutan positif yang tinggi, disertai perubahan posisi dan ikatan peringkat. Pembobotan KV dapat digunakan sebagai alternatif berbasis variasi data, tetapi hasil ini tidak membuktikan kesetaraan urutan, keunggulan pemeringkatan KV, atau generalisasi terhadap seluruh universitas dunia.

Daftar Pustaka

[1] K. A. Putri, A. R. Maharani, M. Hasibuan, and Y. M. Rangkuti, "Analisi tingkat kepuasan pelanggan gacoan cabang pancing menggunakan algoritma fuzzy dengan bahasa pemrograman phyton," *Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 13, no. 1, 2025.

[2] G. F. Tauhid, W. A. Wangni, R. D. Adinata, R. Dinargo, M. D. J. Saputra, and A. Rahman, "Penerapan metode fuzzy mamdani untuk rekomendasi jumlah produksi pada industri makanan ringan," *Jurnal Inovasi Komputer (INOKOM)*, vol. 1, no. 2, pp. 56–65, 2025.

[3] Rawansyah, D. Hanifudin, and M. K. Sandi, "Implementasi metode fuzzy multiple attribute decision making–weighted product untuk penentuan bonus karyawan," 2017.

[4] I. G. I. Sudipa, Suyono, J. J. Pangaribuan, A. Trihandoyo, A. A. J. Sinlae, O. P. Barus, N. Umar, P. Chyan, R. H. Saputra, T. Sukwika, S. Mallu, D. Pratama, K. Yahya, A. S. Teguh, T. Susilowati, and S. Arni, *Sistem Pendukung Keputusan*. PT. Mifandi Mandiri Digital, 2023.

[5] S. Suhada, T. Hidayatulloh, and S. Fatimah, "Penerapan fuzzy madm model weighted product dalam pengambilan keputusan kelayakan penerimaan kredit di bpr nusamba sukaraja," *e-ISSN: 2579-9801*, vol. 6, pp. 61–71, 2018.

[6] M. Basyuni, Tarmin, Tulus, E. Revida, T. S. Sinar, and T. S. H. Haryuna, *Strategi Peningkatan Pemeringkatan Universitas Sumatera Utara*. USU Press, 2022.

[7] M. Mulyoto, U. Rosyidi, and R. Rugayah, "Mutu perguruan tinggi: Perspektif peringkat universitas global dan akreditasi perguruan tinggi di indonesia," *Manajemen Pendidikan*, vol. 18, no. 1, pp. 26–41, 2023.

[8] M. G. Surya, *Sistem Pendukung Keputusan: Metode Fundamental & Perkembangannya*. SONDPEDIA Publishing Indonesia, 2024.

[9] V. N. Van Harling, A. Wahab, S. Vaulina, S. Sutjiningtyas, E. K. Ningsih, B. Dwi, H. Setyono, V. Rizqi, M. I. Harisuddin, S. Gaffar, T. Yuniarti, A. Rahmawati, F. Faujiyah, S. Mudawanah, S. Maulana, H. Rohana, and S. Shandy, *Statistika Dasar*. Widina Media Utama, 2023.

[10] S. Wahyuning, *Dasa-Dasar Statistik*. Yayasan Prima Agus Teknik, 2021.

[11] P. Chen, "A novel coordinated topsis based on coefficient of variation," *Mathematics*, vol. 7, no. 7, 2019.

[12] ——, "On the diversity-based weighting method for risk assessment and decision-making about natural hazards," *Entropy*, vol. 21, no. 3, 2019.

[13] QS Quacquarelli Symonds, "Qs insights magazine june 2024 the lens 2025 qs world university rankings," 2024, tabel QS 2025; diakses 31 Oktober 2026. [Online]. Available: https://assets.foleon.com/eu-central-1/de-uploads-7e3kk3/49580/qs_insights_june_2024_v1.d4e2ab2710c5.pdf

[14] com-480-data-visualization, "Clz 2025 qs world university rankings csv," arsip numerik; diakses 31 Oktober 2026; skor sampel diverifikasi terhadap QS Insights Juni 2024. [Online]. Available: https://github.com/com-480-data-visualization/CLZ/blob/master/data/2025%20QS%20World%20University%20Rankings.csv

[15] S. Sawitri and E. Alisah, "Penerapan metode fuzzy weighted product untuk mengukur tingkat kemiskinan di wilayah provinsi sumatra barat," *Jurnal Riset Mahasiswa Matematika*, vol. 3, no. 4, pp. 188–199, 2024.

[16] E. W. Wibowo, *Statistika Dasar Untuk Studi Islam*. Staini Press, 2021.

[17] SciPy, "Spearmanr documentation," diakses 31 Oktober 2026. [Online]. Available: https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.spearmanr.html

[18] ——, "Kendalltau documentation," diakses 31 Oktober 2026. [Online]. Available: https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.kendalltau.html

[19] QS Quacquarelli Symonds, "Damping and capping mechanisms," diakses 31 Oktober 2026. [Online]. Available: https://support.qs.com/hc/en-gb/articles/360021756440-Damping-and-Capping-Mechanisms