

SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENILAIAN KINERJA GURU MENGUNAKAN *IMPROVED K-MEANS CLUSTERING* DAN METODE SAW

Mawarni^{1*}, Fitri Rezky Hamzani², Ulya Nabilla³, Intan Sari⁴, Masthura⁵

Universitas Samudra, Aceh

e-mail: ^{1*}mawarni@unsam.ac.id, ²fitrirezkyhamzani@unsam.ac.id,

³ulya.nabilla@unsam.ac.id, ⁴intansari@unsam.ac.id,

⁵masthura@unsam.ac.id

Abstract: School A Banjarmasin is a boarding school that motivates teachers through exemplary teacher selection and salary increases based on performance clusters. However, in 2022–2023, teacher performance appraisal was not conducted due to the absence of a supporting system and historical performance data, resulting in equal salary increases. To address this issue, this study proposes the development of a Decision Support System (DSS) that integrates Improved K-Means Clustering for grouping salary increases and the Simple Additive Weighting (SAW) method for determining exemplary teachers. The system is implemented using Visual Basic for Applications (VBA) in Microsoft Excel. The data used in this study consist of teacher performance assessment results for the 2023/2024 academic year, evaluated across four assessment dimensions comprising eleven criteria. The DSS produces two outputs. Based on school-defined standards, two outputs were generated. The first output indicates suboptimal performance, with three populated clusters, while the fourth cluster contains no members due to data distribution. The second output represents the author's recommended clustering, with a silhouette score evaluation value of 0.5125, indicating optimal visibility between clusters, ensuring four salary increase clusters. Overall, the proposed DSS provides more accurate, objective, and systematic calculations and rankings, thereby supporting decision makers in evaluating teacher performance and determining salary increases more effectively.

Keywords: *k-means clustering, simple additive weighting (SAW), teacher performance assessment, VBA Excel*

Abstrak: Sekolah A Banjarmasin merupakan sekolah berasrama yang memotivasi guru melalui pemilihan guru teladan dan kenaikan gaji berdasarkan klaster kinerja. Namun, pada tahun 2022–2023, penilaian kinerja guru tidak dilaksanakan karena ketiadaan sistem pendukung dan data historis kinerja, sehingga kenaikan gaji diberikan secara merata. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengusulkan pengembangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang mengintegrasikan metode Improved K-Means Clustering untuk pengelompokan kenaikan gaji dan metode Simple Additive Weighting (SAW) untuk menentukan guru teladan. Sistem ini diimplementasikan menggunakan Visual Basic for Applications (VBA) pada Microsoft Excel. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup hasil penilaian kinerja guru tahun ajaran 2023/2024, yang dievaluasi berdasarkan empat dimensi penilaian yang terdiri dari sebelas kriteria. Sistem ini menghasilkan dua keluaran. Keluaran pertama menunjukkan kinerja yang kurang optimal, dengan tiga klaster yang terisi, sementara klaster keempat tidak memiliki anggota akibat distribusi data. Keluaran kedua merepresentasikan hasil pengelompokan yang disarankan oleh penulis, dengan nilai evaluasi silhouette score sebesar 0,5125 yang menunjukkan pemisahan optimal antar-klaster serta memastikan terbentuknya empat klaster kenaikan gaji. Secara keseluruhan, SPK yang diusulkan memberikan perhitungan dan pemeringkatan yang lebih akurat, objektif, dan sistematis, sehingga membantu

pengambil keputusan dalam mengevaluasi kinerja guru dan menentukan kenaikan gaji secara lebih efektif.

Kata kunci: k-means clustering, simple additive weighting (SAW), penilaian kinerja guru, VBA Excel

PENDAHULUAN

Guru memiliki peran penting dalam sistem pendidikan karena kinerjanya berpengaruh langsung terhadap pembelajaran dan kemajuan siswa seperti yang dikemukakan Barbara C.Hunt dalam. Kinerja guru dipengaruhi oleh kepemimpinan transformasional, motivasi kerja, dan kondisi lingkungan kerja seperti kedisiplinan, penghargaan, serta dukungan kepala sekolah. Selain itu, motivasi guru juga sangat dipengaruhi oleh pendapatan bulanan, termasuk gaji, insentif, dan tunjangan.

Penilaian kinerja guru merupakan proses penting dalam institusi pendidikan untuk meningkatkan kualitas pengajaran. Guru menunjukkan peningkatan produktivitas setelah evaluasi kinerja, terutama bagi yang sebelumnya berkinerja rendah. Evaluasi ini dapat dilakukan melalui berbagai sumber seperti kepala sekolah, penilaian diri, teman sejawat, dan siswa. Penggunaan banyak sumber penilaian memberikan hasil yang lebih valid, meskipun terdapat potensi subjektivitas, terutama dari siswa dan teman sejawat.

Sekolah A Banjarmasin sebagai sekolah swasta yang sedang berkembang memberikan perhatian khusus terhadap kinerja guru dengan mengadakan penilaian untuk pemilihan guru teladan dan penentuan kenaikan gaji. Penilaian meliputi empat dimensi (kebiasaan kerja, hubungan kerja, kinerja, dan pelanggaran) dengan total 11 kriteria, dilakukan oleh kepala sekolah, teman sejawat, dan penilaian diri. Hasilnya digunakan untuk menentukan peringkat dan mengelompokkan guru ke dalam 4 cluster (A sampai D) yang masing-masing mendapatkan kenaikan gaji berbeda, mulai dari Rp100.000 hingga Rp400.000 setiap 1 hingga 3 tahun.

Namun, pada tahun 2022–2023, penilaian kinerja tidak dilakukan karena tidak tersedianya sistem dan data dari kepala sekolah sebelumnya, sehingga semua guru menerima kenaikan gaji yang sama. Untuk mengatasi hal ini, penulis mengusulkan pengembangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis komputer untuk mendukung penilaian dan pengambilan keputusan.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang suatu Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis Visual Basic for Application (VBA) Excel untuk penilaian kinerja guru di sekolah A Banjarmasin, menerapkan algoritma *Improved K-Means Clustering* pada SPK yang dirancang untuk menentukan *cluster* besaran kenaikan gaji setiap guru, dan menerapkan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) pada SPK yang dirancang untuk menentukan guru teladan.

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) merupakan sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu pengambilan keputusan pada permasalahan semi-terstruktur dan tidak terstruktur dengan memanfaatkan data, model analitis, serta antarmuka interaktif. Tujuan utama SPK adalah mendukung pengambilan keputusan multi-kriteria serta meningkatkan efektivitas keputusan melalui pemanfaatan teknologi informasi.

Konsep dasar SAW adalah menghitung nilai preferensi alternatif melalui penjumlahan terbobot dari nilai kinerja yang telah dinormalisasi pada setiap kriteria. Proses normalisasi diperlukan untuk menyetarakan perbedaan satuan antar kriteria, sehingga nilai preferensi akhir dapat digunakan sebagai dasar perbandingan alternatif.

Clustering merupakan teknik unsupervised learning yang bertujuan mengelompokkan data berdasarkan

tingkat kemiripan, di mana data dalam satu cluster memiliki kesamaan yang tinggi dibandingkan dengan data pada cluster lain. K-Means adalah algoritma clustering berbasis partisi yang membagi data ke dalam sejumlah cluster yang telah ditentukan, dengan setiap cluster direpresentasikan oleh centroid. Proses K-Means dilakukan melalui inisialisasi centroid, perhitungan jarak data ke centroid (misalnya menggunakan Euclidean Distance), pengelompokan data ke cluster terdekat, dan pembaruan centroid hingga mencapai kondisi konvergen.

Improved K-Means Clustering merupakan pengembangan dari K-Means tradisional yang menitikberatkan pada perbaikan proses inisialisasi centroid awal. Berbeda dengan K-Means konvensional yang menggunakan inisialisasi acak, Improved K-Means menentukan centroid awal berdasarkan pendekatan tertentu agar lebih representatif terhadap distribusi data. Beberapa pengembangan Improved K-Means menggunakan pendekatan semi-supervised learning dengan memanfaatkan sebagian kecil data berlabel atau informasi awal untuk menentukan nilai k dan centroid awal secara lebih optimal, sehingga hasil clustering menjadi lebih stabil dan efisien.

Visual Basic for Applications (VBA) merupakan bahasa pemrograman yang terintegrasi dengan Microsoft Excel dan digunakan untuk mengotomatisasi proses, mengembangkan fungsi khusus, serta membangun aplikasi berbasis spreadsheet. Dalam pengembangan sistem pendukung keputusan, VBA Excel banyak digunakan untuk mengimplementasikan perhitungan metode pengambilan keputusan, pengolahan data, serta penyajian hasil secara interaktif dalam bentuk tabel dan grafik.

Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggabungan K-Means Clustering dan metode SAW dapat memberikan dukungan keputusan yang

lebih sistematis dan akurat. Praningki dkk. (2023) menerapkan kedua metode tersebut dalam *sistem pendukung keputusan seleksi data kesejahteraan sosial*, menunjukkan efektivitasnya dalam analisis data yang kompleks. Terttiaavini (2024) memperluas penerapan hybrid K-Means dan SAW untuk menentukan prioritas UMKM, membuktikan bahwa integrasi metode ini mampu memberikan rangking yang lebih informatif bagi pemangku keputusan. Selain itu, Laksono dkk. (2024) menunjukkan bahwa K-Means Clustering saja juga efektif untuk klasterisasi data pasien rawat inap sebagai dasar rekomendasi keputusan dalam sistem informasi kesehatan.

METODE

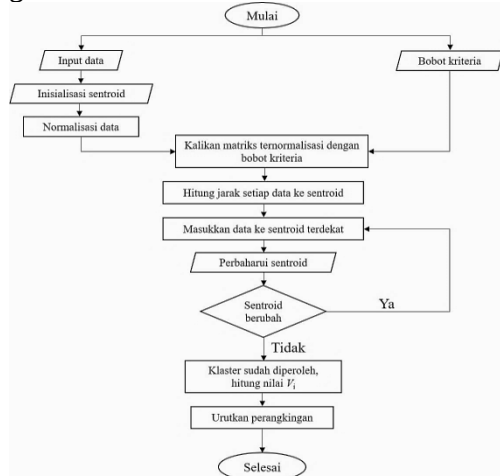
Metode Pengembangan Sistem

1. *K,LRequirement Aalysis* (Analisis Kebutuhan)
SPK dikembangkan menggunakan VBA pada Microsoft Excel karena mudah dioperasikan di lingkungan sekolah.
2. *System Design* (Perancangan Sistem)
Perancangan sistem meliputi penyusunan struktur data guru dan kriteria penilaian, perancangan antarmuka input dan output, serta perancangan algoritma K-Means Clustering untuk pengelompokan dan metode SAW untuk perangkingan.
3. *Implementation* (Implementasi)
Tahap implementasi dilakukan dengan membangun userform dan modul VBA di Excel untuk proses input data, klasterisasi, perhitungan nilai preferensi, dan penyajian hasil.
4. *Integration and Testing* (Integrasi dan Pengujian)
Sistem diuji secara fungsional untuk memastikan proses clustering dan perangkingan berjalan dengan baik. Pengujian dilakukan menggunakan data dummy dan data riil dari Sekolah A Banjarmasin.
5. *Operation and Maintenance*

(Operasional dan Pemeliharaan) Tahap ini meliputi penggunaan sistem di lingkungan sekolah, sosialisasi kepada pengguna, penyusunan dokumentasi, serta pemeliharaan dan penyesuaian sistem jika terjadi perubahan kriteria penilaian.

Alur Proses Klastering dan Perangkingan Menggunakan K-Means dan Metode SAW

Alur Proses Klastering dan Perangkingan Menggunakan K-Means dan Metode SAW dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Alur Proses Klastering dan Perangkingan Menggunakan K-Means dan Metode SAW

Objek dan Data Penelitian

Tabel 1 Kriteria dan Bobot Penilaian

No.	Dimensi	Kriteria	Bobot
-----	---------	----------	-------

1.	Dimensi Kebiasaan Kerja (D_1)	1.1 Kedisiplinan (C_1)	30%
		1.2 Kehadiran (C_2)	
2.	Dimensi Hubungan Kerja (D_2)	2.1 Adaptasi (C_3)	20%
		2.2 Kerjasama (C_4)	
		2.3 Komunikasi (C_5)	
		2.4 Kesadaran Perbedaan (C_6)	
3.	Dimensi Kinerja (D_3)	3.1 Kuantitas Kerja (C_7)	20%
		3.2 Kualitas Kerja (C_8)	
		3.3 Pelayanan Pelanggan Pendidikan (C_9)	
4.	Dimensi Pelanggaran (D_4)	4.1 Surat Teguran (C_{10})	30%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Preprocessing dan Proses Clustering

Langkah 1 adalah membuat rating kecocokan dari setiap alternatif pada masing-masing kriteria dan inisialisasi *centroid* awal seperti pada tabel 2 di bawah.

Tabel 2 Rating kecocokan dari setiap alternatif pada masing-masing kriteria dan inisialisasi *centroid* awal

No.	Alternatif	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
	<i>Centroid 1</i>	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
	<i>Centroid 2</i>	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
	<i>Centroid 3</i>	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
	<i>Centroid 4</i>	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	A1	4	5	4	5	5	4	5	5	5	4
2	A2	2	5	4	4	4	4	5	5	5	5
3	A3	2	5	1	3	2	2	2	2	2	1
4	A4	1	4	2	1	3	2	3	2	1	3
5	A5	4	5	3	3	3	3	3	3	2	5

Tabel 3 Hasil ternormalisasi keputusan

No.	Alternatif	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	dst	C_{11}
	<i>Centroid 1</i>	0.8	1	0.8	1	0.8		0.8
	<i>Centroid 2</i>	0.6	0.8	0.6	0.8	0.6		0.6
	<i>Centroid 3</i>	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4		0.4
	<i>Centroid 4</i>	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2		0.2
1	A1	0.8	1	0.8	1	1		1
2	A2	0.4	1	0.8	0.8	0.8		1
3	A3	0.4	1	0.2	0.6	0.4		0.2
4	A4	0.2	0.8	0.4	0.2	0.6		0.4
5	A5	0.8	1	0.6	0.6	0.6		1

Tabel 4 Sampel Hasil Perkalian Matriks Ternormalisasi dan Bobot Kriteria

No	Alternatif	D_1	D_2	D_3	D_4
	<i>Centroid 1</i>	0.27	0.18	0.17	0.27
	<i>Centroid 2</i>	0.21	0.14	0.13	0.21
	<i>Centroid 3</i>	0.15	0.10	0.09	0.15
	<i>Centroid 4</i>	0.09	0.06	0.05	0.09
1	A1	0.27	0.18	0.20	0.27
2	A2	0.21	0.16	0.20	0.30
3	A3	0.21	0.08	0.08	0.06
4	A4	0.15	0.08	0.08	0.15
5	A5	0.27	0.12	0.11	0.30

Tabel 5 Inisialisasi Centroid

<i>Centroid 1</i>	0.27	0.18	0.17	0.27	Cluster A
<i>Centroid 2</i>	0.21	0.14	0.13	0.21	Cluster B
<i>Centroid 3</i>	0.15	0.10	0.09	0.15	Cluster C
<i>Centroid 4</i>	0.09	0.06	0.05	0.09	Cluster D

Tabel 6 Iterasi ke-1 Algoritma Improved K-Means Clustering (Sampel)

No.	Alternatif	D_1	D_2	D_3	D_4	Cluster Iterasi ke-1
1	A1	0.270	0.180	0.200	0.270	A
2	A2	0.210	0.160	0.200	0.300	A
3	A3	0.210	0.080	0.080	0.060	C
4	A4	0.150	0.080	0.080	0.150	C
5	A5	0.270	0.120	0.107	0.300	A

Tabel 7 Pembaharuan Centroid

<i>Cen-troid</i>	D_1	D_2	D_3	D_4	
1	0.27	0.14	0.15	0.29	Cluster A
2	0.24	0.11	0.12	0.25	Cluster B
3	0.18	0.09	0.11	0.10	Cluster C
4	0.09	0.06	0.05	0.09	Cluster D

Tabel 8 Hasil Iterasi Algoritma Improved K-Means Clustering

No.	Alternatif	D_1	D_2	D_3	D_4	Klaster Iterasi ke			
						1	2	3	4
1	A1	0.27	0.18	0.20	0.27	A	A	A	A
2	A2	0.21	0.16	0.20	0.30	A	A	A	A
3	A3	0.21	0.08	0.08	0.06	C	C	C	C
4	A4	0.15	0.08	0.08	0.15	C	C	C	C

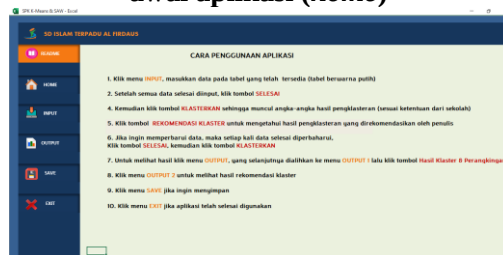
5	A5	0.27	0.12	0.11	0.30	A	A	B	B
6	A6	0.27	0.16	0.20	0.30	A	A	A	A
7	A7	0.21	0.11	0.13	0.09	C	C	C	C
8	A8	0.27	0.11	0.11	0.27	B	B	B	B
9	A9	0.30	0.14	0.16	0.27	A	A	A	A
10	A10	0.24	0.14	0.13	0.27	A	B	B	B

Perancangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK)

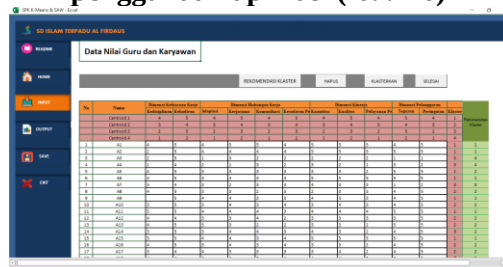
Desain antarmuka ini terdiri dari halaman awal (*home*), halaman cara penggunaan aplikasi (*readme*), halaman input data (*input*), dan halaman hasil (*output*).



Gambar 2 Desain antarmuka halaman awal aplikasi (*home*)



Gambar 3 Desain antarmuka cara penggunaan aplikasi (*readme*)



Gambar 4 Desain antarmuka input data (*input*)

Gambar 5 Desain antarmuka hasil (*output 1*)

Gambar 6 Desain antarmuka hasil (*output 2*)

Hasil Penilaian Kinerja Guru dengan Menggunakan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang telah dirancang

Terdapat dua macam *output* pada SPK yang dirancang, yaitu *output 1* dan *output 2*. *Output 1* merupakan hasil pengklasteran menggunakan algoritma *improved k-means clustering* dan metode SAW dengan membatasi jumlah iterasi untuk menyesuaikan dengan ketentuan sekolah. *Output 2* merupakan hasil pengklasteran yang direkomendasikan oleh penulis.

Pada *output 1*, hanya terdapat 3 *cluster* yang memiliki anggota, sedangkan *cluster* ke 4 tidak memiliki anggota. Hasil ini menunjukkan algoritma tidak bekerja secara optimal [19]. Dari hasil pengklasteran pada gambar 5 dapat dilihat bahwa terdapat 2 data yang tidak sesuai dengan ketentuan sekolah, yaitu data A20 dengan nilai akhir 4.10 seharusnya berada

di *cluster* 1 dan data A64 dengan nilai akhir 3.05 seharusnya berada di *cluster* 2.

Cluster	Nama	Nilai	Cluster	Nama	Nilai	Cluster	Nama	Nilai
A	A52	4.85	B	A70	3.10	C	A63	2.90
A	A60	4.85	B	A71	3.08	C	A66	2.97
A	A30	4.75	B	A75	3.08	C	A69	2.97
A	A10	4.75	B	A50	3.08	C	A53	2.92
A	A6	4.65	B	A53	3.05	C	A7	2.72
A	A1	4.60	B	A61	3.05	C	A65	2.90
A	A11	4.60	B	A35	3.03	C	A4	2.30
A	A21	4.55	B	A56	3.03	C	A33	2.18
A	A25	4.50	B	A66	3.03	C	A6	2.18
A	A23	4.50	B	A44	3.00			
A	A26	4.50	B	A13	3.88			
A	A5	4.35	B	A50	3.85			
			B	A18	3.82			
			B	A19	3.82			
			B	A30	3.82			
			B	A66	3.82			
			B	A53	3.80			
			B	A8	3.78			
			B	A35	3.78			
			B	A16	3.77			
			B	A51	3.77			
			B	A48	3.77			
			B	A70	3.73			
			B	A47	3.70			
			B	A26	3.70			
			B	A28	3.70			
			B	A17	3.65			
			B	A12	3.65			
			B	A17	3.68			
			B	A60	3.67			
			B	A52	3.37			

Gambar 7 Hasil pengklasteran dan perangkian output 1

Output 2 diperoleh dengan menerapkan algoritma *k-means clustering* tradisional dan metode SAW dimana *centroid* tidak ditentukan terlebih dahulu. Sistem akan memilih *centroid* secara acak kemudian memasukkan setiap titik data ke *cluster* dengan *centroid* terdekat kemudian memperbarui *centroid* dan seterusnya. Iterasi akan berhenti ketika rata-rata jarak antara setiap titik data dan *centroid* telah konvergen. Dengan menerapkan algoritma ini, maka akan selalu terdapat 4 *cluster* berdasarkan nilai akhir setiap alternatif.

Cluster	Nama	Nilai	Cluster	Nama	Nilai	Cluster	Nama	Nilai	Cluster	Nama	Nilai
A	A32	4.85	B	A71	3.08	C	A66	2.97	D	A4	2.30
A	A60	4.85	B	A75	3.08	C	A69	2.97	D	A65	2.93
A	A30	4.75	B	A50	3.08	C	A53	2.92	D	A69	2.18
A	A10	4.75	B	A53	3.05	C	A7	2.72	D	A3	2.15
A	A6	4.65	B	A61	3.05	C	A65	2.90	D	A61	2.10
A	A1	4.60	B	A35	3.03	C	A4	2.30			
A	A11	4.60	B	A56	3.03						
A	A21	4.55	B	A66	3.03						
A	A25	4.50	B	A44	3.00						
A	A23	4.50	B	A13	3.88						
A	A26	4.50	B	A50	3.85						
A	A5	4.35	B	A18	3.82						
			B	A19	3.82						
			B	A30	3.82						
			B	A66	3.82						
			B	A53	3.80						
			B	A8	3.78						
			B	A35	3.78						
			B	A16	3.77						
			B	A51	3.77						
			B	A48	3.77						
			B	A70	3.73						
			B	A47	3.70						
			B	A26	3.70						
			B	A28	3.70						
			B	A17	3.65						
			B	A12	3.65						
			B	A17	3.68						
			B	A60	3.67						
			B	A52	3.37						

Gambar 8 Hasil pengklasteran dan perangkian output 2.

Pada pengklasteran rekomendasi, *cluster* A memiliki *centroid* nilai akhir 4.60 beranggotakan 16 alternatif dengan rentang nilai akhir 4.35 – 4.85. *Cluster* B memiliki *centroid* nilai akhir 3.82 beranggotakan 44 alternatif dengan

rentang nilai akhir 3.55– 4.10. *Cluster* C memiliki *centroid* nilai akhir 2.93 beranggotakan 9 alternatif dengan rentang nilai akhir 2.70 – 3.37. *Cluster* D memiliki *centroid* nilai akhir 2.19 beranggotakan 16 alternatif dengan rentang nilai akhir 2.10 – 2.30.

Hasil klaster pada output 2 dievaluasi menggunakan fungsi *silhouette score*. Untuk 4 *cluster*, diperoleh hasil *silhouette score* 0.5125 yang menandakan pemisahan antar klaster sudah optimal. Nilai ini menunjukkan bahwa tiap objek dalam satu klaster mempunyai kemiripan yang tinggi dan jarak pemisahan yang cukup jelas.

Disimpulkan bahwa SPK yang dikembangkan cocok dan layak digunakan untuk sekolah tersebut.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini:

1. Terdapat 4 iterasi pada algoritma *k-means clustering* hasil penilaian kinerja di sekolah A Banjarmasin untuk pengklasteran besaran kenaikan gaji. Algoritma ini dapat digunakan untuk mendukung keputusan pengambil keputusan.
2. Penerapan metode *simple additive weighting* pada hasil penilaian kinerja di sekolah A Banjarmasin menghasilkan keputusan yang lebih akurat, cepat, dan objektif sehingga dapat digunakan sebagai standar baru dalam menentukan perangkian kinerja untuk pemilihan guru teladan.
3. Hasil pengklasteran yang ditampilkan SPK pada output 2 menghasilkan nilai evaluasi *silhouette score* sebesar 0.5125 sehingga SPK yang dikembangkan cocok dan layak digunakan untuk sekolah tersebut. SPK yang dirancang akan sangat membantu pengambil keputusan karena menampilkan perhitungan dan

perangkingan yang akurat dan objektif.

4. Hasil pengklasteran yang ditampilkan SPK pada *output* 2 bersifat rekomendasi dan dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengklasteran kinerja guru di sekolah A Bnjarmasin dimana akan selalu terdapat 4 *cluster* kenaikan gaji.

DAFTAR PUSTAKA

- S. Mustoip et al., Psikologi Pendidikan. HDF Publishing, 2023.
- S. Andriani, N. Kesumawati, and M. Kristiawan, "The influence of transformational leadership and work motivation on teachers' performance," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 7, no. 7, pp. 2277–8616, 2018.
- S. M. T. Comighud and M. J. Arevalo, "Motivation in relation to teachers' performance," in *Proc. UBT Int. Conf.*, 2021, p. 507.
- E. S. Taylor and J. H. Tyler, "The effect of evaluation on teacher performance," *Amer. Econ. Rev.*, vol. 102, no. 7, pp. 3628–3651, 2012.
- M. Ahmed, R. Seraj, and S. M. S. Islam, "The K-means algorithm: A comprehensive survey and performance evaluation," *Electronics*, vol. 9, no. 8, p. 1295, 2020.
- E. Turban, R. Sharda, and D. Delen, *Decision Support and Business Analytics Systems*, 11th ed. New York, NY, USA: Pearson, 2021.
- M. S. Scott Morton and F. G. W. Keen, *Decision Support Systems: An Organizational Perspective*, updated ed. Boston, MA, USA: Harvard Business Review Press, 2020.
- S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, ed. revisi. Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu, 2020.
- A. Alinezhad and A. Amini, *Sensitivity Analysis of SAW Method in MADM Problems*, Cham, Switzerland: Springer, 2021.
- P. Liu, M. Abdullah, and F. Jin, "Normalization Techniques in Simple Additive Weighting for Decision Making," *Applied Soft Computing*, vol. 103, pp. 107–118, 2021.
- T. L. Saaty and L. Vargas, "Decision Making with Multi-Criteria Methods: Applications and Theory," *International Journal of Decision Support Systems*, vol. 5, no. 1, pp. 1–15, 2020.
- A. Jain, "Unsupervised Learning and Clustering: Recent Advances," *Pattern Recognition Letters*, vol. 138, pp. 4–13, 2020.
- S. Na, L. Xumin, and G. Yong, "Research on K-Means Clustering Algorithm: An Improved K-Means Clustering Algorithm," *Journal of Software*, vol. 15, no. 2, pp. 112–121, 2021.
- Y. Wang, Z. Li, and H. Chen, "An Improved K-Means Clustering Algorithm Based on Initial Center Optimization," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 123456–123465, 2021.
- M. Walkenbach, *Excel VBA Programming for Dummies*, 8th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2022.
- R. Praningski, A. Nugroho, and D. Kurniawan, "Decision support system for social welfare data selection using K-Means clustering and simple additive weighting," *J. Inf. Syst. Eng. Bus. Intell.*, vol. 7, no. 2, pp. 85–94, 2023.
- Terttiaavini, "Hybrid K-Means clustering and simple additive weighting method for MSME priority determination," *J. Appl. Decis. Support Syst.*, vol. 5, no. 1, pp. 15–24, 2024.
- A. Laksono, B. Santoso, and R. Wibowo, "Inpatient data clustering using K-Means algorithm for healthcare decision support," *J. Health Inf. Syst.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2024.
- S. Saha, "Prevention of Empty Clusters and Incomplete Data Problems using Modified K-Means and Gaussian Mixture Model", *International*

