Integrasi Algoritma BOS, MOORA, dan K-Means Clustering dalam Sistem Penilaian Kinerja Tenaga Kesehatan

Muhammad Aldi Syafrillah Hidayat[1] , Intan Dzikria*[,2]

[1,2]Sistem dan Teknologi Informasi, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

E-mail: 1482300036@surel.untag-sby.ac.id[1] , intandzikria@untag-sby.ac.id [2,*]

Abstrak. Kinerja tenaga kesehatan merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kualitas pelayanan, keselamatan pasien, dan pengembangan sumber daya manusia pada fasilitas kesehatan. Demikian, penilaian kinerja masih menghadapi maslaah berupa metode penilaian yang kurang objektif dan adil, serta proses pengolahan data yang dilakukan secara manual sehingga rentan terhadap *human error* dan ketidakkonssistenan hasil penilaian. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *Behavioral Observation Scales* (BOS), *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis* (MOORA) dan *K-Means Clustering* yang difokuskan untuk tenaga kesehatan. BOS digunakan untuk menentukan skala awal nilai dengan skala 1 sampai 5 yaitu tidak pernah hingga selalu. Hasil penilaian BOS selanjutnya diolah menggunakan MOORA melalui tahapan pembentukan matriks keputusan, normalisasi, pembobotan, dan perhitungan nilai preferensi. Yang kemudian digunakan sebagai dasar pengelompokan tenaga kesehatan menggunakan K-Means *Clustering* ke dalam tiga kelompok antara lain: *Top* Performance, *Medium* Performance, *Low* Performance berdasarkan data sampel yang digunakan. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa integrasi BOS MOORA dan K-Means dapat digunakan untuk mendukung proses penilaian, perangkingan, dan pengklasteran kinerja tenaga kesehatan secara lebih objektif dan terstruktur.

Kata Kunci: Tenaga Kesehatan, Sistem Penilaian Kinerja, *Behavioral Observation Scales* (BOS), *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis* (MOORA), K-Means *Clustering*

Abstract. *The performance of healthcare workers is a crucial factor influencing service quality, patient safety, and human resource development within healthcare facilities. However, performance assessment still faces challenges regarding assessment methods that lack objectivity and fair, as well as manual data processing that is prone to human error and inconsistent results. This study aims to implement the Behavioral Observation Scales (BOS), Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA), and K-Means Clustering algorithms, specifically tailored for healthcare workers. BOS is utilized to establish an initial scoring scale ranging from 1 to 5 (representing "never" to "always"). The BOS assessment results are subsequently processed using MOORA through stages involving decision matrix construction, normalization, weighting, and the calculation of preference values which serve as the basis for grouping healthcare workers by K-Means Clustering into three categories—Top Performance, Medium Performance, and Low Performance—based on the sample data used. The study results demonstrate that integrating BOS, MOORA, and K-Means can support the assessment, ranking, and clustering of healthcare worker performance in a more objective and structured manner.*

Keywords: *Healthcare Workers, Performance Rater System, Behavioral Observation Scales (BOS), Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA), K-Means Clustering*

1. Pendahuluan

Tenaga kesehatan merupakan sumber daya manusia yang penting dalam sistem pelayanan kesehatan. Kinerja tenaga kesehatan sangat memengaruhi kualitas pelayanan, keselamatan pasien, dan efektivitas fasilitas kesehatan secara keseluruhan. Namun demikian, upaya untuk mengukur kinerja tenaga kesehatan secara sistematis dan objektif masih menghadapi banyak kesulitan. Tantangan terbesar dalam pengukuran kinerja adalah memastikan hasil yang adil dan dapat dibandingkan satu sama lain, terlebih lagi ketika indikator yang tersedia tidak disesuaikan dengan kompleksitas dan keunikan setiap pekerjaan klinis[1]. Lebih dalam lagi, sebagian penelitian masih menitikberatkan pada hasil akhir seperti jumlah pasien yang dilayani, kepatuhan pada standar pelayanan, dan tingkat kehadiran tenaga kesehatan. Perihal tersebut tidak mempertimbangkan perilaku kerja nyata yang ditunjukan oleh tenaga kesehatan saat melaksanakan tugasnya sehari-hari.

Dalam konteks keperawatan, [2] menunjukan bahwa penilaian berbasis pengamatan perilaku klinis yang dikembangkan secara sistematis menggunakan analisis faktor eksploratori mampu menghasilkan instrumen dengan tingkat validitas dan reliabilitas yang memadai. Kinerja pegawai khususnya tenaga kesehatan sebaiknya didefiniskan dalam istilah perilaku yang eksplisit dan dapat diamati, yaitu hal-hal yang secara aktual dilakukan oleh tenaga kesehatan sehingga memungkinkan mereka untuk berhasil dalam pekerjaannya [3]. Pendekatan inilah yang menjadi fondasi dari metode *Behavioral Observation Scales* (BOS), yang merupakan instrumen penilaian kinerja yang dapat mengukur seberapa sering perilaku kerja tertentu yang telah ditetapkan muncul berdasarkan hasil observasi.

Meskipun sebagian besar rumah sakit atau fasilitas kesehatan telah memiliki prosedur atau mekanisme proses penilaian kinerja tenaga kesehatan masing-masing. Namun, proses penilaian dan pengolahan hasilnya belum selalu didukung oleh sebuah sistem terkomputerisasi yang terintegrasi. Proses penilaian masih dilakukan secara manual dapat meningkatkan risiko terjadinya human error, kehilangan data, dan inkonsistensi pengolahan hasil akhir penilaian. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya suatu sistem yang mampu mengintegrasikan proses penilaian berbasis perilaku, pengolahan nilai, perangkingan, dan pengelompokan kinerja dalam satu mekanisme sistem informasi yang terstruktur.

Untuk mendukung pengolahan hasil penilaian metode BOS, penelitian ini mengintegrasikan algoritma *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis* (MOORA) yang digunakan untuk mengolah hasil penilaian kinerja antar tenaga kesehatan menjadi sebuah perangkingan berdasarkan hasil nilai preferensi. MOORA adalah sistem multi-objek yang dirancang untuk mengoptimalkan dua atau lebih atribut yang saling bertentangan dalam satu proses perhitungan [4]. Algoritma K-Means *clustering* kemudian digunakan untuk mengelompokkan tenaga kesehatan ke dalam tiga kategori performa, antara lain: *Top Performance*, *Medium Performance*, *Low Performance* yang didukung oleh pengolahan nilai preferensi yang dihasilkan oleh algoritma MOORA sebelumnya. K-Means clustering digunakan dalam berbagai penelitian untuk melakukan pengklasteran dalam menentukan siswa kelas unggulan [5] dan pengelompokan data stok produk pada toko online [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan algoritma BOS, MOORA, dan K-Means Clustering untuk mengukut kinerja tenaga kesehatan di fasilitas Kesehatan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu proses penilaian kinerja menjadi lebih sistematis, terstruktur, dan mudah diterapkan, sekaligus meminimalisir risiko kesalahan dalam proses penilaian serta pengolahan data hasil penilaian.

2. Kajian Pustaka

2.1.1 Behavioral Observation Scales

Behavioral Observation Scales adalah pengembangan dari pendekatan penilaian berbasis perilaku yang dilihat dari sering atau tidaknya munculnya perilaku kerja tertentu selama periode observasi. Konsep dasar *Behavioral Observation Scales* (BOS) pada penilaian kinerja adalah kinerja yang baik akan dinilai berdasarkan frekuensi kemunculan perilaku. Semakin sering perilaku positif yang

muncul, maka semakin tinggi pula skor yang didapat individu tersebut[7]. Dalam penelitian ini penilaian BOS menggunakan 5 tingkat skala frekuensi perilaku sebagai dasar penilaian berdasarkan penelitian oleh [7] dan [8], antara lain: (1) tidak pernah, (2) jarang, (3) terkadang, (4) sering, dan (5) selalu .

Penelitian terdahulu menggunakan BOS untuk penelitian di bidang penyesuaian skala penilaian berdasarkan SOP pada karyawan Teller Bank[7], pengaruh skala pengamatan supervisor terhadap tingkat kinerja karyawan[9], dan mengevaluasi sistem reward terhadap kinerja karyawan[10]. BOS memiliki kelebihan pada penilaian yang analitis karena penialain tidak sekedar melihat hasil akhir. melainkan, dapat menggambarkan frekuensi perilaku kerja harian secara nyata dan spesifik[10]. Namun, terdapat kekurangan yaitu *rater* tetap dapat memberikan penilaian yang bias[7] karena *rater* tidak selalu melihat intensitas perilaku pegawainya setiap hari dan terkadang *rater* memiliki interpretasi dan persepsi yang berbeda pada setiap frekuensi perilaku yang ditunjukkan oleh karyawan.

Meskipun dalam penelitian [3] tidak dijelaskan secara eksplisit. Secara matematis, BOS dinilai menggunakan formula sebagai berikut.

$$BOS_j = \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij} \tag{1}$$

Setelah mendapatkan sejumlah skor dari penilaian BOS, maka skor dari seluruh *behavioral items* dalam satu skala akan dijumlahkan dan menghasilkan nilai berdasarkan skor perilaku yang didapatkan.

2.1.2 Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis

Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA) merupakan sistem multi-tujuan yang mengoptimalkan dua atau lebih kriteria yang bertentangan untuk membantu pengambilan keputusan [11]. Algoritma MOORA memiliki perhitungan kalkulasi yang sistematis yang membedakan kriteria bersifat benefit dan cost. Nilai benefit akan memberikan kontribusi positif pada nilai preferensi (Yi) sedangkan nilai cost akan mengurangi nilai preferensi (Yi). Selain itu, algoritma MOORA juga dapat memberikan hasil keputusan berdasarkan kriteria dan bobot [12].

MOORA digunakan pada berbagai penelitian terdahulu untuk mengukur kelayakan siswa sebagai penerima beasiswa[13] dan juga telah digunakan untuk penilaian kinerja karyawan [14]. Berikut adalah tahapan untuk menggunakan algoritma MOORA menurut [11] dan juga didukung oleh penelitian dari [15].

1. Menentukan alternatif dan kriteria yang digunakan dalam pengambilan keputusan
2. Membentuk matriks keputusan berdasarkan nilai setiap alternatif pada masing-masing kriteria, dimana n adalah nomor alternatif dan x = Matriks Keputusan.

$$x = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{1j} & x_{1n} \\ x_{j1} & x_{ij} & x_{jn} \\ x_{m1} & x_{mi} & x_{mn} \end{bmatrix} \tag{2}$$

3. Melakukan normalisasi matriks, dimana X_{ij} Adalah respon alternatif i terhadap kriteria j dan m adalah total jumlah alternatif

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m} x_{ij}^2}} \tag{3}$$

4. Melakukan pembobotan W_j terhadap nilai hasil normalisasi serta menghitung nilai optimasi

$$W_j = X_j * x_{ij} \tag{4}$$

5. Melakukan perangkingan dimana $(n - g)$ merupakan jumlah atribut yang akan diminimalkan, W_j adalah bobot terhadap j, dan y_i adalah nilai penilaian yang telah dinormalisasikan dari alternatif 1 terhadap semua atribut.

$$y_i = \sum_{j=1}^{g} W_j x * i_j - \sum_{j=g+1}^{n} W_j x * i_j \quad (5)$$

2.1.3 K-Means Clustering

K-Means merupakan algoritma pengklusteran yang mengelompokkan data berdasarkan nilai dengan jarak terdekat pada *centroid* (titik pusat cluster). Algoritma K-Means juga dikenal sebagai algoritma yang sederhana dan merupakan bagian dari 10 besar algoritma data mining teratas [16]. Penelitian terdahulu menggunakan K-means Clustering untuk melakukan pengklasteran dalam menentukan siswa kelas unggulan [5] dan pengelompokan data stok produk pada toko online [6]. K-Means dipilih karena implementasi centroid yang tidak tetap, sehingga pengelompokan menjadi lebih dinamis berdasarkan nilai data yang saling berdekatan daripada penggunaan threshold pada umumnya.

Secara bawaan algoritma clustering ini menetapkan *centroid* awal secara acak. Namun, setiap perhitungan yang dilakukan memungkinkan memiliki hasil yang berbeda daripada perhitungan sebelumnya mesikipun dataset tidak berubah. Oleh karena itu dalam penelitian ini ditetapkan inisialisasi 3 *centroid* awal sebagai berikut.

1. C1 (*Top Performance*) sebagai nilai terbesar (*max*) dari nilai preferensi (Yi) MOORA
2. C2 (*Medium Performance)* sebagai nilai tengah (*median*) dari nilai preferensi (Yi) MOORA
3. C3 (*Low Performance*) sebagai nilai terendah (*low*) dari nilai preferensi (Yi) MOORA

Tujuan dari penetapan nilai *centroid* awal adalah untuk memastikan setiap perhitungan data yang dilakukan memiliki hasil yang konsisten ketika dataset tidak berubah. Selain itu penetapan ini juga berhubungan dengan jumlah kluster yang akan dibentuk yaitu tiga kategori performa pada penilaian kinerja. Namun, pada dasarnya penetapan centroid awal bisa disesuaikan berdasaran kebutuhan masing-masing penelitian. Berikut tahapan mekanisme perhitungan K-Means *Clustering[16]*:

1. Menentukan jumlah kluster yang akan dibuat
2. Menentukan nilai centroid awal sesuai dengan jumlah kluster
   Menghitung jarak pada setiap data dengan centroid dimana x_i adalah data dan μj adalah *centroid* pada *cluster j*

$$d(x_i \mu j) = \sqrt{\sum (x_i - \mu_j)^2} \quad (6)$$

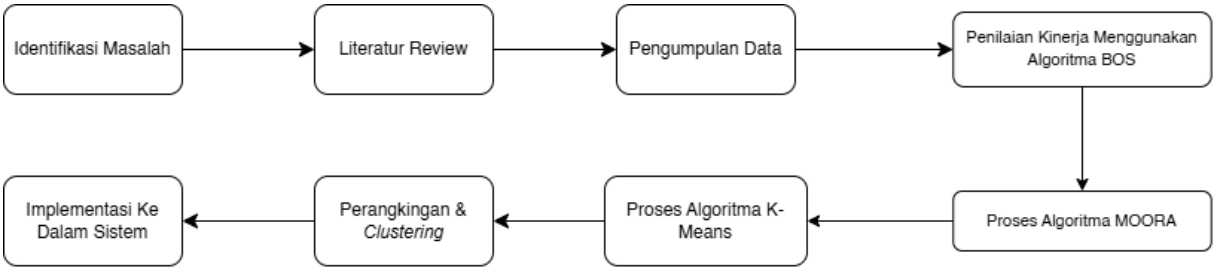
3. Data dikelompokkan berdasarkan jarak paling kecil dengan *centroid*
   Memperbarui nilai *centroid* yang didapatkan dari rata-rata setiap nilai yang dimiliki *cluster centroid* saat ini, dimana $u_j(t+1)$ = centroid baru pada iterasi $(t+1)$ dan N_{sj} = data pada cluster S_j.

$$u_j(t+1) = \frac{1}{N_{sj}} \sum_{j \in sj} x_j \quad (7)$$

4. Pengulangan iterasi hingga titik centroid tidak berubah nilainya dengan sebelumnya atau berdasarkan jumlah iterasi yang ditentukan yaitu 20 dalam konteks penelitian ini.

3. Metodologi

Terdapat 8 tahapan utama dalam penelitian implementasi algoritma BOS, MOORA, dan K-Means *clustering* pada sistem penilaian kinerja tenaga kesehatan. yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerangka tahapan penelitian

Penelitian ini melakukan wawancara kepada stakeholder tenaga kesehatan untuk mendapatkan insight mengenai penilaian kinerja pada sebuah fasilitas kesehatan. Studi literatur juga dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan referensi dari beberapa jurnal dan buku yang relevan dengan topik penelitian.

Data yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari sebuah fasilitas kesehatan tingkat pertama. Data ini dijadikan sebagai acuan penelitian ini adalah daftar parameter, indikator dan kriteria yang digunakan pada salah satu fasilitas kesehatan (klinik) di daerah gresik yang selanjutnya disesuaikan menggunakan metode BOS, MOORA, dan K-Means sesuai dengan penelitian ini.

Algoritma BOS digunakan untuk menentikan skala penilaian awal berdasarkan frekuensi perilaku yaitu 5 (Selalu), 4 (Sering), 3 (Kadang-kadang), 2 (Jarang), dan 1 (Tidak Pernah). Nilai yang diperoleh selanjutnya diproses menggunakan algoritma MOORA melalui tahap normalisasi jenis kriteria benefit dan cost. Perhitungan MOORA akan menghasilkan nilai preferensi (Yi) yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan peringkat kinerja tenaga kesehatan. selanjutnya tenaga kesehatan akan dikelompokkan berdasarkan nilai preferensi (Yi) menggunakan algoritma K-Means ke dalam tiga kategori kinerja, yaitu *Top*, *Medium*, dan *Low Performance*.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Data Sampling dan Kriteria

Penelitian ini menggunakan beberapa data alternatif tenaga kesehatan yang digunakan sebagai sample. Tenaga Kesehatan (TK) yang digunakan adalah 15 tenaga kesahatan diambil dari beberapa jabatan yang berbeda. Pengumpulan data melalui wawancara dengan direktur salah satu klinik swasta di Jawa Timur, terkiat kebijakan klinik ditemukan bahwa klinik memiliki 4 aspek penilaian, bobot, dan kriteria dalam penilaian kinerja klinik yang telah dipaparkan pada tabel 1.

Tabel 1 Tabel kriteria dan bobot

No	Kode Kriteria (K)	Nama Aspek	Nilai Bobot	Kriteria
1	K1	Etika (5S)	10%	Benefit
2	K2	Keluhan	20%	Cost
3	K3	Mutu	20%	Benefit
4	K4	Uraian Tugas	50%	Benefit

4.2 Memetakan Sub Aspek

Beberapa aspek memiliki sub aspek yang perlu dipetakan sebelum dilakukan penilaian menggunakan algoritma *Behavioral Observation Scales* (BOS). Aspek etika memiliki 5 sub aspek antara lain Senyum, Salam, Sapa, Sopan dan Santun. Aspek uraian tugas memiliki sub aspek yang beragam tergantung pada jabatan yang dimiliki setiap tenaga kesehatan. jabatan dokter umum memiliki 10 uraian tugas, jabatan apoteker memiliki 8 uraian tugas, jabatan perawat memiliki 7 uraian tugas. Salah satu contoh pernyataan dari uraian tugas jabatan dokter umum adalah “memberikan edukasi dan saran menjaga kesehatan secara umum kepada pasien”.

4.3 Indikator Penilaian BOS

Setiap aspek yang memiliki sub aspek akan dilakukan rata-rata untuk mendapatkan nilai akhir sebelum dihitung menggunakan algoritma MOORA. Tabel 2 menunjukkan deskripsi setiap aspek dan indikator yang digunakan untuk BOS. Aspek dan indicator didapatkan melalui hasil wawancara dengan sebuah klinik yang menjadi objek penelitian.

Tabel 2 Deskripsi tiap aspek pada BOS

Aspek	Deskripsi	Indikator	Nilai
Etika	Seberapa Sering melakukan 5S (Senyum, Salam, Sapa, Sopan, Santun) Saat Sedang Melayani Pasien?	Selalu	5
		Sering	4
		Kadang-kadang	3
		Jarang	2
		Tidak Pernah	1
Keluhan	Seberapa sering tenaga kesehatan mendapatkan keluhan dari pasien?	Selalu	5
		Sering	4
		Kadang-kadang	3
		Jarang	2
		Tidak Pernah	1
Mutu	Apakah berpartisipasi dalam penilaian mutu dan keselamatan pasien?	Selalu	5
		Sering	4
		Kadang-kadang	3
		Jarang	2
		Tidak Pernah	1
Uraian Tugas	Apakah menjalankan tugas sesuai dengan jobdesk sesuai dengan jabatan?	Selalu	5
		Sering	4
		Kadang-kadang	3
		Jarang	2
		Tidak Pernah	1

4.4 Penilaian Algoritma BOS

Berdasarkan penilaian BOS yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil yang telah dipaparkan pada tabel 3 yang menggunakan formula (1). normalisasi menggunakan formula (2). Sehingga dapat dihitung bobot menggunakan formula (3) dan nilai Yi atau preferensi menggunakan formula (4).

Tabel 3 Hasil penilaian BOS

(TK_i)	K1	K2	K3	K4
TK01	4,80	2,00	5,00	4,30
TK02	4,20	5,00	3,00	4,00
TK03	4,00	4,00	3,00	4,57
TK04	3,80	1,00	2,00	4,29
TK05	5,00	2,00	4,00	4,14
TK06	5,00	1,00	4,00	4,60
TK07	3,80	2,67	4,00	4,00
TK08	4,30	2,50	3,50	3,30
TK09	4,20	3,00	5,00	4,00
TK10	4,20	2,00	3,00	4,10
TK11	4,60	4,00	5,00	4,30
TK12	4,40	1,00	5,00	4,20
TK13	3,40	5,00	1,00	3,00
TK14	4,20	4,00	3,00	3,29
TK15	4,00	3,00	3,00	4,00

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan nilai preferensi (Yi) dengan cara mengurangkan nilai *benefit* dengan nilai *cost*. Nilai Yi yang lebih tinggi menunjukkan data alternatif memiliki hasil penilaian yang lebih baik berdasarkan kombinasi kriteria benefit dan cost yang ditetapkan.

4.5 Perhitungan Algoritma MOORA

4.5.1 Tabel matriks keputusan

Matriks keputusan diambil berdasarkan hasil dari penilaian algoritma BOS menggunakan formula (2). Matriks keputusan mewakili K1-K4 BOS pada tabel 3 secara berurutan dari matriks kiri.

$$x = \begin{bmatrix} 4{,}60 & 1{,}00 & 4{,}00 & 4{,}50 \\ 3{,}40 & 5{,}00 & 4{,}00 & 2{,}88 \\ 3{,}80 & 4{,}00 & 4{,}00 & 4{,}00 \\ 4{,}60 & 4{,}00 & 3{,}00 & 3{,}86 \\ 4{,}60 & 4{,}00 & 3{,}00 & 4{,}14 \\ 4{,}80 & 1{,}00 & 4{,}00 & 3{,}80 \\ 4{,}60 & 2{,}00 & 4{,}00 & 4{,}60 \\ 3{,}60 & 3{,}00 & 4{,}00 & 2{,}40 \\ 3{,}20 & 3{,}00 & 5{,}00 & 2{,}30 \\ 3{,}80 & 2{,}00 & 5{,}00 & 4{,}40 \\ 4{,}40 & 3{,}00 & 5{,}00 & 4{,}10 \\ 4{,}00 & 5{,}00 & 4{,}00 & 4{,}30 \\ 4{,}40 & 3{,}00 & 4{,}00 & 4{,}20 \\ 4{,}00 & 2{,}00 & 5{,}00 & 4{,}71 \\ 4{,}60 & 2{,}00 & 5{,}00 & 4{,}43 \end{bmatrix}$$

4.5.2 Normalisasi dan Pembobotan

Selanjutnya dilakukan normalisasi dengan cara menggunakan formula (3). Hasilnya ditemukan penyebut normalisasi antara lain: K1 = 16,2234, K2 = 12,3288, K3 = 16,4621, K4 = 15,4059, lalu nilai salah satu dari kriteria akan di bagi dengan penyebut normalisasi dengan contoh nilai K1 dari $4{,}60/16{,}2234 = 0{,}2835$. Setelah itu dilakukan penghitungan bobot berdasarkan bobot pada tabel 1 dan menggunakan formula (4) dengan contoh dari nilai sebelumnya $0{,}2831 * 10\% = 0{,}02835$. Sehingga didapat keseluruan matriks keputusan dibawah ini.

$$x = \begin{bmatrix} 0{,}02835 & 0{,}01622 & 0{,}04860 & 0{,}14605 \\ 0{,}02096 & 0{,}08111 & 0{,}04860 & 0{,}09347 \\ 0{,}02342 & 0{,}06489 & 0{,}04860 & 0{,}12982 \\ 0{,}02835 & 0{,}06489 & 0{,}03645 & 0{,}12528 \\ 0{,}02835 & 0{,}06489 & 0{,}03645 & 0{,}13436 \\ 0{,}02959 & 0{,}01622 & 0{,}04860 & 0{,}12333 \\ 0{,}02835 & 0{,}03244 & 0{,}04860 & 0{,}14929 \\ 0{,}02219 & 0{,}04867 & 0{,}04860 & 0{,}07789 \\ 0{,}01972 & 0{,}04867 & 0{,}06075 & 0{,}07465 \\ 0{,}02342 & 0{,}03244 & 0{,}06075 & 0{,}14280 \\ 0{,}02712 & 0{,}04867 & 0{,}06075 & 0{,}13307 \\ 0{,}02466 & 0{,}08111 & 0{,}04860 & 0{,}13956 \\ 0{,}02712 & 0{,}04867 & 0{,}04860 & 0{,}13631 \\ 0{,}02466 & 0{,}03244 & 0{,}06075 & 0{,}15286 \\ 0{,}02835 & 0{,}03244 & 0{,}06075 & 0{,}14378 \end{bmatrix}$$

4.5.3 Hasil Perangkingan MOORA

Perangkingan dilakukan dengan menjumlahkan K1,K3,K4 lalu mengurangkan nilainya dengan K2 berdasarkan matriks keputusan sebelumnya. Sehingga hasil dari perhitungannya akan menghasilkan nilai preferensi (Yi) pada tabel 4 dibawah.

Tabel 4 Nilai preferensi (Yi) MOORA

(TK_i)	Max K1+K3+K4	Min K2	Yi (Max-Min)	Rangking
TK01	0,2230	0,0162	0,2068	1
TK02	0,1630	0,0811	0,0819	15
TK03	0,2018	0,0649	0,1370	9
TK04	0,1901	0,0649	0,1252	12
TK05	0,1992	0,0649	0,1343	10
TK06	0,2015	0,0162	0,1853	6
TK07	0,2262	0,0324	0,1938	5
TK08	0,1487	0,0487	0,1000	14
TK09	0,1551	0,0487	0,1065	13
TK10	0,2270	0,0324	0,1945	4
TK11	0,2209	0,0487	0,1723	7
TK12	0,2128	0,0811	0,1317	11
TK13	0,2120	0,0487	0,1634	8
TK14	0,2383	0,0324	0,2058	2
TK15	0,2329	0,0324	0,2004	3

4.6 Pengklasteran Algoritma K-Means

Setelah menemukan nilai preferensi (Yi) maka berikutnya akan dilakukan pengklasteran menggunakan algoritma K-Means. Pengulangan akan terus terjadi hingga K-Means tersebut Konvergen, dimana cluster dari tenaga kesehatan tidak berubah dengan iterasi sebelumnya. Tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan centroid awal (iterasi 1) dengan C1 (Yi terbesar) = 0.2068, C2 (Yi tengah) = 0.1634, dan C3 (Yi terkecil) = 0.0818. Pengklasteran iterasi dilakukan dengan menetapkan *cluster* berdasarkan centroid terdekat dengan nilai preferensi (Yi).

Tabel 5 Iterasi K-Means

(TK_i)	Yi	Cluster Iterasi 1	Cluster Iterasi 2	Cluster Iterasi 3
TK01	0,2068	C1	C1	C1
TK02	0,0819	C3	C3	C3
TK03	0,1370	C2	C2	C2
TK04	0,1252	C2	C2	C2
TK05	0,1343	C2	C2	C2
TK06	0,1853	C1	C1	C1
TK07	0,1938	C1	C1	C1
TK08	0,1000	C3	C3	C3
TK09	0,1065	C3	C3	C3
TK10	0,1945	C1	C1	C1
TK11	0,1723	C2	C1	C1
TK12	0,1317	C2	C2	C2
TK13	0,1634	C2	C2	C2
TK14	0,2058	C1	C1	C1
TK15	0,2004	C1	C1	C1

Iterasi kedua dilakukan dengan memperbarui centroid terdekat berdasarkan iterasi pertama berdasarkan formula (7) dengan hasil C1 (rata-rata seluruh C1) = 0,1977, C2 (rata-rata seluruh C2) = 0,1440, dan C3 (rata-rata C3 seluruh) = 0,0961. Pengklasteran iterasi kedua menghasilan Tabel 5 pada kolom cluster iterasi 2 yang menunjukkan perubahan pada posisi cluster TK11. Sebelumnya pada iterasi pertama berada pada C2 selanjutnya pada iterasi kedua berubah menjadi C1. Maka pengulangan diteruskan ke iterasi ketiga.

Iterasi ketiga dilakukan kembali dengan menentukan centroid terdekat berdasarkan iterasi kedua dengan hasil C1 = 0,1941, C2 = 0,1383, C3 = 0,0961. Berbeda dengan pelngklasteran sebelumnya, pada iterasi ketiga ini tidak ada perubahan pada cluster tenaga kesehatan berdasarkan perbandingan iterasi kedua dan ketiga pada tabel 5. Sehingga K-Means dinyatakan konvergen serta iterasi dihentikan. Didapatkan hasil akhir C1 sebagai *Top Performance* adalah 7 orang, C2 sebagai *Medium Performance* adalah 5 orang, dan C3 sebagai *Low Performance* adalah 3 Orang.

Implementasi K-Means menunjukan bahwa penilaian yang dilakukan lebih dinamis, setiap cluster tidak akan selalu memiliki anggota yang sama rata, semua akan kembali berdasarkan nilai preferensi (Yi) yang ada. Selain itu, mengingat bahwa nilai Yi akan terus berubah seiring bertambah atau berubahnya suatu data penilaian. Maka K-Means digunakan untuk mengelompokkan nilai Yi berdasarkan nilai Yi lain yang relatif berdekatan. Pendekatan ini lebih cocok diterapkan daripada penggunaan threshold pada umumnya.

4.7 Hasil Akhir

Berdasarkan penilaian BOS, selanjutnya perhitungan MOORA, dan pengelompokkan K-Means maka dapat disimpulkan menggunakan tabel 6 berikut berdasarkan urutan nilai Yi yang paling tinggi.

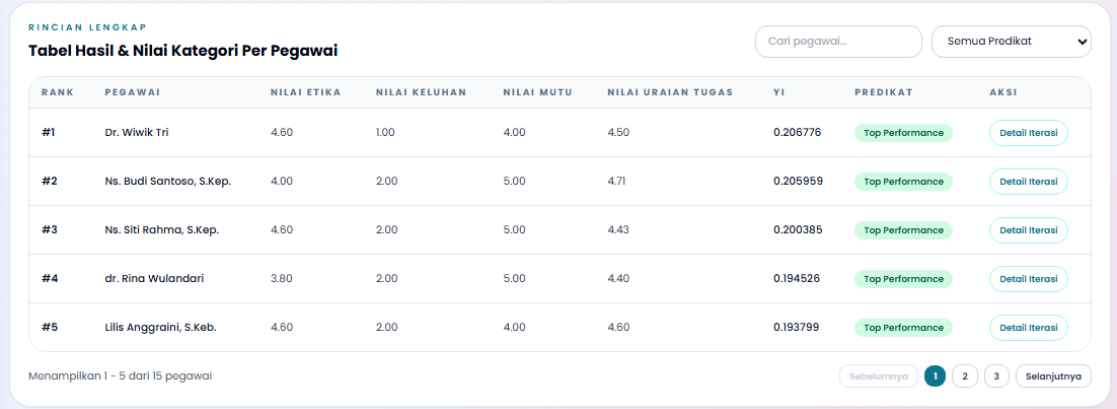
Tabel 6 Hasil akhir penilaian

Kode Nakes	Indikator				Yi	Ranking	Cluster
	Etika	Keluhan	Mutu	Uraian Tugas			
TK01	4,60	1,00	4,00	4,50	0,2068	1	C1
TK14	4,00	2,00	5,00	4,71	0,2058	2	C1
TK15	4,60	2,00	5,00	4,43	0,2004	3	C1
TK10	3,80	2,00	5,00	4,40	0,1945	4	C1
TK07	4,60	2,00	4,00	4,60	0,1938	5	C1
TK06	4,80	1,00	4,00	3,80	0,1853	6	C1
TK11	4,40	3,00	5,00	4,10	0,1723	7	C1
TK13	4,40	3,00	4,00	4,20	0,1634	8	C2
TK03	3,80	4,00	4,00	4,00	0,1370	9	C2
TK05	4,60	4,00	3,00	4,14	0,1343	10	C2
TK12	4,00	5,00	4,00	4,30	0,1317	11	C2
TK04	4,60	4,00	3,00	3,86	0,1252	12	C2
TK09	3,20	3,00	5,00	2,30	0,1065	13	C3
TK08	3,60	3,00	4,00	2,40	0,1000	14	C3
TK02	3,40	5,00	4,00	2,88	0,0819	15	C3

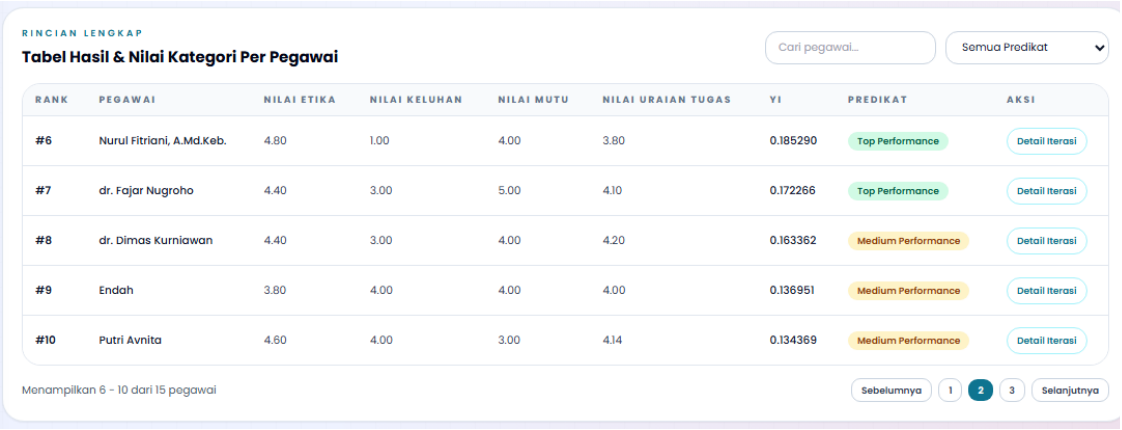
4.8 Implementasi Sistem

4.8.1 Penilaian tenaga kesehatan

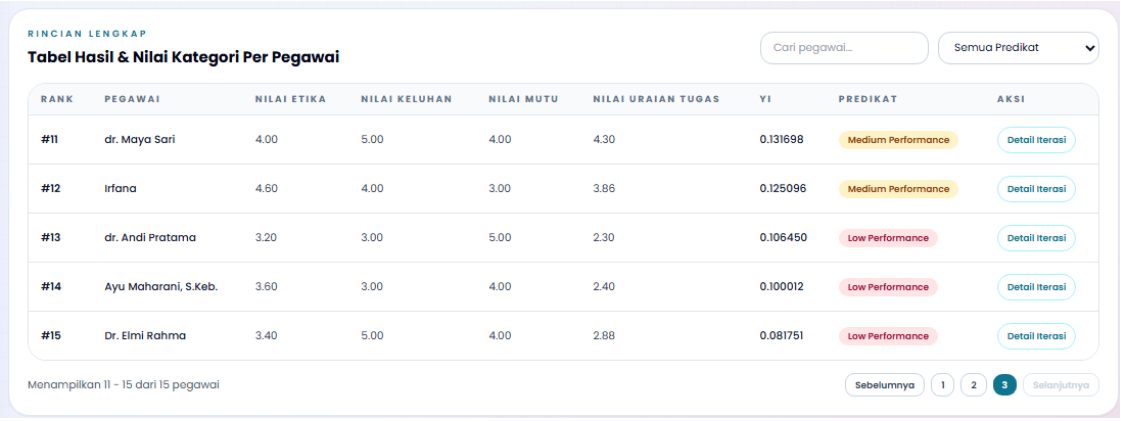
Halaman ini menampilkan hasil penilaian setiap tenaga kesehatan berdasarkan algoritma BOS, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Selanjutnya sistem secara otomatis mengolah nilai BOS menggunakan algoritma MOORA untuk menghasilkan nilai preferensi (Yi) dan perangkingan, kemudian menggunakan K-Means untuk menentukan kelompok tenaga kesehatan berdasarkan nilai preferensinya.



Gambar 2 Menu penilaian tenaga kesehatan halaman pertama



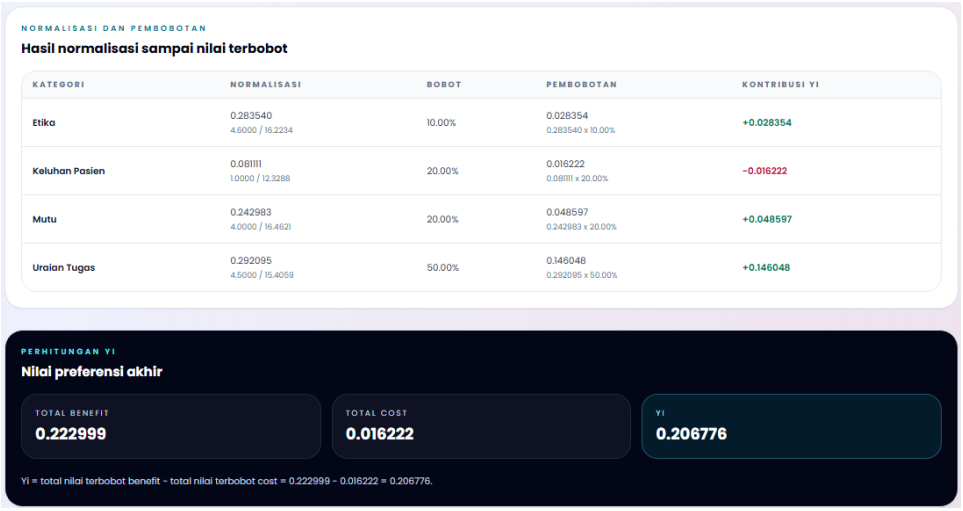
Gambar 3 Menu penilaian tenaga kesehatan halaman kedua



Gambar 4 Menu penilaian tenaga kesehatan halaman ketiga

4.8.2 Penilaian MOORA

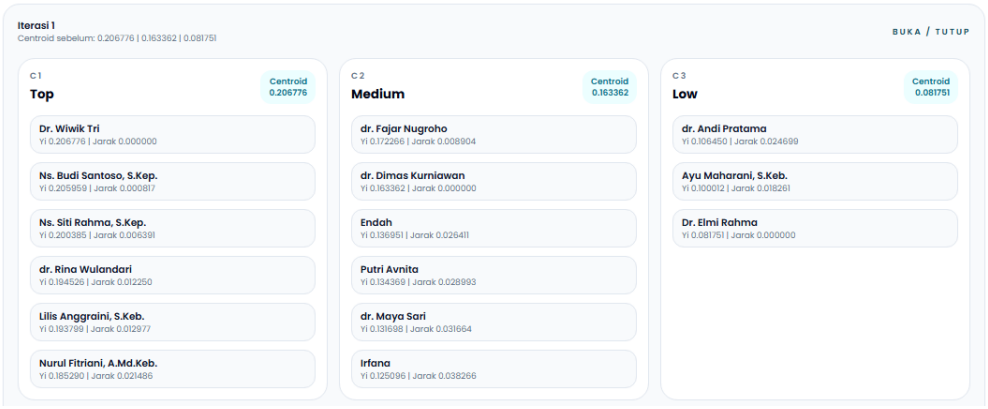
Halaman ini akan menampilkan hasil perhitungan MOORA yang telah dilakukan oleh sistem hingga menghasilkan nilai preferensi (Yi), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



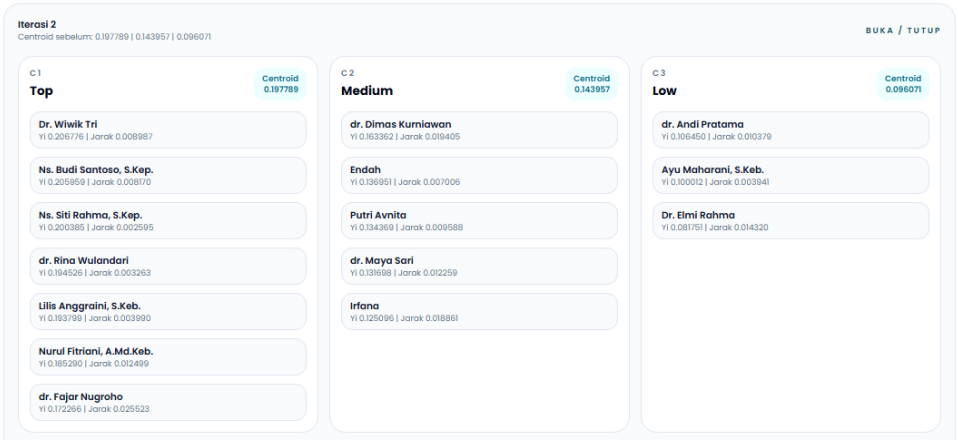
Gambar 5 Menu detail perhitungan MOORA

4.8.3 Halaman detail K-Means

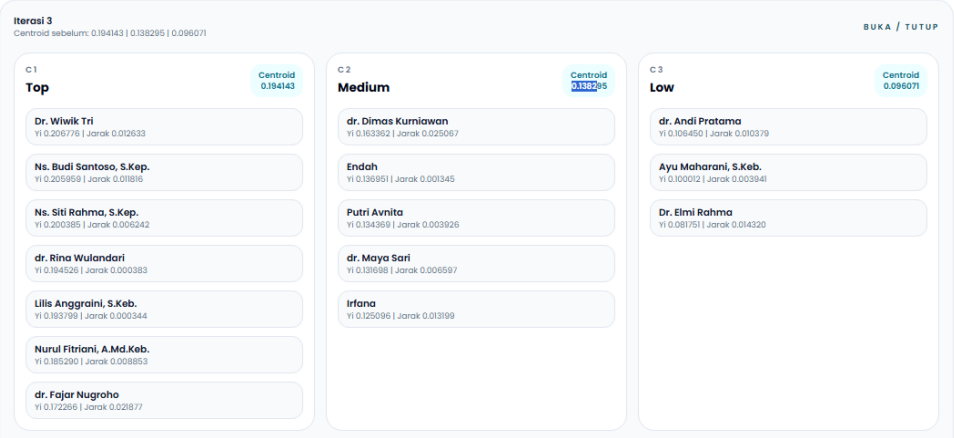
Halaman ini menampilkan setiap iterasi yang dilakukan oleh algoritma K-Means. Masing-masing iterasi ditunjukkan pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



Gambar 6 Menu detail *K-Means iterasi ke-1*



Gambar 7 Menu detail K-Means iterasi ke-2



Gambar 8 Menu detail K-Means iterasi ke-3

4.9 *Sensitivity Test* Bobot

Pada awalnya bobot diambil dari kebjakan yang dimiliki oleh klinik berdasarkan berat ringanya aspek penilaian yang mengacu pada tabel 1 dan 2. Namun, karena bobot tidak sama rata, maka dilakukan *Sensitivity Test* untuk mengidentifikasi peringkat masih sama jika semua bobot disama ratakan K1-K4 memiliki bobot masing-masing 25%. Hasil dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7 Hasil Sensitivity Test

Kode Nakes	Yi Lama	Yi Baru	Ranking Lama	Ranking Baru	Cluster Lama	Cluster Baru	Sama?
TK01	0,2068	0,1844	1	1	C1	C1	Sama
TK02	0,0819	0,0585	15	15	C3	C3	Sama
TK03	0,1370	0,1031	9	9	C2	C2	Sama
TK04	0,1252	0,0980	12	12	C2	C3	Tidak Sama
TK05	0,1343	0,1025	10	10	C2	C2	Sama
TK06	0,1853	0,1761	6	3	C1	C1	Tidak Sama
TK07	0,1938	0,1657	5	5	C1	C1	Sama
TK08	0,1000	0,0943	14	13	C3	C3	Tidak Sama
TK09	0,1065	0,1017	13	11	C3	C2	Tidak Sama
TK10	0,1945	0,1653	4	6	C1	C1	Tidak Sama
TK11	0,1723	0,1494	7	7	C1	C1	Sama
TK12	0,1317	0,0908	11	14	C2	C3	Tidak Sama
TK13	0,1634	0,1359	8	8	C2	C2	Sama
TK14	0,2058	0,1734	2	4	C1	C1	Tidak Sama
TK15	0,2004	0,1781	3	2	C1	C1	Tidak Sama

Hasil yang diperoleh adalah beberapa data memiliki ketidaksamaan dari sisi peringkat serta cluster akhir yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan yang radikal pada bobot terutama pada K4 dari 50% menjadi 25%. Lalu, sejatinya memang ada perbedaan nilai awal BOS pada K1, K3, dan K4 yang menyebabkan seluruh nilai Yi ikut berubah meski memiliki bobot yang sama, 25%. Selain itu, adanya perubahan pada K2 dari 20% menjadi 25% yang memiliki kriteria *Cost* menyebabkan adanya pengurangan nilai Yi yang signifikan terhadap kriteria *Benefits*. Selain perubahan nilai Yi MOORA yang semakin berkurang, selanjutnya perubahan juga berdampak pada klaster yang dihasilkan algoritma K-Means.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, implementasi algoritma *Behavioral Observation Scales* (BOS), *Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA) dan K-Means *Clustering* dapat digunakan untuk mendukung proses penilaian kinerja tenaga kesehatan secara lebih terstruktur. BOS digunakan untuk menentukan nilai berdasarkan kemunculan perilaku kerja dengan skala 1 hingga 5. Selanjutnya, nilai BOS diolah menggunakan MOORA melalui proses normalisasi, pembobotan, dan perhitungan nilai preferensi (Yi) untuk menghasilkan perangkingan kinerja tenaga kesehatan. Selanjutnya nilai Yi digunakan sebagai angka dasar untuk proses clustering K-Means dengan tiga cluster yaitu Top, Medium, Low Performance. Proses clustering dilakukan dengan melakukan iterasi hingga mencapai konvergen.

Berdasarkan hasil perhitungan algoritma MOORA, diperoleh urutan peringkat secara berurutan dari yang tertinggi hingga terendah yaitu TK01, TK14, TK15, TK10, TK07, TK06, TK11, TK13, TK03, TK05, TK12, TK04, TK09, TK08, dan TK02.

Selanjutnya, pada hasil pengelompokan algoritma K-Means didapatkan bahwa TK01, TK14, TK15, TK10, TK07, TK06, dan TK11 menempati cluster Top Performance (C1). Kemudian TK13, TK03, TK05, TK12, dan TK04 menempati cluster Medium Performance (C2). Dan terakhir, TK09, TK08, dan TK02 menempati cluster Low Performance (C3).

Implementasi ketiga algoritma tersebut pada sistem memungkinkan proses penilaian, pengolahan nilai, perangkingan dan pengelompokan kinerja dilakukan secara integrasi dan otomatis. Sistem yang dikembangkan dapat membantu menyediakan hasil penilaian kinerja tenaga kesehatan yang lebih terstruktur dan mendukung proses evaluasi berdasarkan nilai preferensi serta kelompok kinerja yang dihasilkan.

Hasil penelitian ini berkontribusi secara akademis dengan memberikan penerapan ilmu khususnya pada penilaian kinerja tenaga kesehatan serta menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan sistem menggunakan algoritma BOS, MOORA, dan K-Means. Selanjutnya penelitian berkontribusi secara praktis pada proses penilaian serta perhitungan nilai kinerja tenaga kesehatan menjadi lebih objektif dan terstruktur dan hasilnya dapat digunakan pada manajemen sebagai dasar pengambilan keputusan kedepannya.

Penelitian ini memiliki kelebihan pada penilaian yang lebih sistematis dan terstruktur karena mengintegrasi penilaian BOS dengan mekanisme perhitungan MOORA dan K-Means. Namun penelitian ini juga memiliki kekurangan pada bagaimana cara seorang penilai untuk menilai frekuensi kemunculan perilaku pada tenaga kesehatan. karena penilai tidak selalu melihat seluruh aktifitas tenaga kesehatan dalam seharian penuh. Selain itu, tidak adanya uji reliabilitas pada instrumen serta belum juga adanya validitas hasil klaster. Sehingga pada penelitian selanjutnya penelitian ini memberikan saran untuk menerapkan algoritma tambahan untuk menentukan mekanisme penilaian pada penilai. Misalnya dengan melakukan penilaian berjenjang atau menerapkan metode penilaian sejawat (*peer assessment*). Selanjutnya bisa dilakukan uji reliabilitas dengan menggunakan metode Cronbach's Alpha serta melakukan uji validitas hasil klaster menggunakan *Silhouette Score* / DBI.

6. Referensi

[1] M. Dong, Y. Xiao, C. Shi, and G. Li, “Measuring and improving performance of clinicians: an application of patient-based records,” *BMC Health Serv. Res.*, vol. 23, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1186/s12913-023-09772-2.

[2] S. Moskoei, J. Mohtashami, M. Ghalenoeei, M. Nasiri, and M. Zaghari Tafreshi, “Development and psychometric properties rating scale of ‘clinical competency evaluation in mental health nurses’: Exploratory factor analysis,” *Electron. Physician*, vol. 9, no. 4, pp. 4155–4161, Apr. 2017, doi: 10.19082/4155.

[3] G. P. Latham, C. H. Fay, and L. M. Saari, “THE DEVELOPMENT OF BEHAVIORAL OBSERVATION SCALES FOR APPRAISING THE PERFORMANCE OF FOREMEN,” 1979.

[4] S. Fadli and K. Imtihan, “Implementation of MOORA Method in Evaluating Work Performance of Honorary Teachers,” *SinkrOn*, vol. 4, no. 1, p. 128, Oct. 2019, doi: 10.33395/sinkron.v4i1.10192.

[5] A. Sulistiyawati and E. Supriyanto, "Implementasi Algoritma K-means Clustring dalam Penetuan Siswa Kelas Unggulan," vol. 15, no. 2, Aug. 2021.
[6] S. I. Wahyudi and A. Wibowo, "Implementasi Metode K-Means Clustering Untuk Pengelompokan Data Stok Produk Toko Online Perdagangan Kaos," Sep. 2022. [Online]. Available: https://senafti.budiluhur.ac.id/index.php
[7] S. T. B. Tambunan, "PENYESUAIAN SKALA PENILAIAN BEHAVIORAL OBSERVATION BERDASARKAN PROSEDUR OPERASIONAL STANDAR (SOP) PADA KARYAWAN TELLER BANK SWASTA DI SURABAYA," 2003. [Online]. Available: http://puslit.petra.ac.id/journals/industrial
[8] G. P. Latham and K. N. Wexley, "BEHAVIORAL OBSERVATION SCALES FOR PERFORMANCE APPRAISAL PURPOSES," *Pers. Psychol.*, vol. 30, pp. 255–268, 1977.
[9] Sardi, J. Syam, A. H. Sanusi, and A. Said, "Pengaruh Pendekatan Behavioral Observation Scales (BOS) Terhadap Tingkat Kinerja Karyawan," *Jurnal Ilmiah Bongaya (JIB)*, no. Vol 6 No.2, Dec. 2022.
[10] W. Fitriya, B. Nabila, and S. Hidayat, "Evaluasi Reward Terhadap Kinerja di PT. Sumber Alfaria Trijaya Menggunakan Model Behavior Observation Scale," *Jurnal Ilmu Manajemen dan Pendidikan*, vol. 02, pp. 1281–1285, Mar. 2026.
[11] T. Shabrina and B. Sinaga, "Penerapan Metode MOORA pada Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Siswa Penerima Bantuan Miskin," *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis*, vol. 12, no. 2a, pp. 161–172, Dec. 2021, doi: 10.47927/jikb.v12i2a.214.
[12] A. Fauzan and Supriatin, "Penerapan Algoritma MOORA dalam Menentukan Sekolah Dasar Terbaik," *Indonesian Journal of Computer Science*, 2022.
[13] D. A. Perdana, D. Prabowo, and B. W. Sari, "IMPLEMENTATION OF MOORA METHOD AS DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SCHOLARSHIP SELECTION IN SMK MUHAMMADIYAH PRAMBANAN," Mar. 2022. [Online]. Available: www.amikom.ac.id
[14] H. Susanto, F. Kurnia, Yusra, and L. Oktavia, "Implementasi Metode Moora Pada Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Karyawan," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 6, no. 4, p. 2222, Oct. 2022, doi: 10.30865/mib.v6i4.4750.
[15] S. Hutagalung, D. S. Gea, D. P. Indini, and Mesran, "Penerapan Metode MOORA Dalam Pemilihan Bimbingan Belajar Terbaik," *Journal of Informatics Management and Information Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, Jan. 2023, doi: 10.47065/jimat.v3i1.226.
[16] A. Fatkhudin, A. Khambali, F. A. Artanto, Mudriyah, and N. A. P. Zade, "Implementasi Algoritma Clustering K-Means Dalam Pengelompokan Mahasiswa Studi Kasus (Prodi Manajemen Informatika)," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 2, 2023, doi: 10.33395/jmp.v12i2.12494.