



Penerapan Algoritma Fuzzy C-Means untuk Pengelompokan Kepuasan Masyarakat terhadap Layanan Berdasarkan Dimensi SERVQUAL

Ramadhani Herfin¹, Fadhilah Syafria^{1,*}, Elvia Budianita¹, Iis Afrianty¹, Salmiyati²

¹Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, Indonesia

²Fakultas Psikologi, Program Studi Psikologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, Indonesia

Email: ¹12250112779@students.uin-suska.ac.id, ^{2,*}fadhilah.syafria@uin-suska.ac.id, ³elvia.budianita@uin-suska.ac.id,

⁴iis.afrianty@uin-suska.ac.id, ⁵salmiyati@uin-suska.ac.id

Email Penulis Korespondensi: fadhilah.syafria@uin-suska.ac.id

Abstrak—Mal Pelayanan Publik (MPP) Pekanbaru merupakan fasilitas layanan terpadu yang menyatukan berbagai instansi pemerintah dalam satu lokasi. Permasalahan yang dihadapi adalah belum tersedianya pemetaan tingkat kepuasan masyarakat yang mampu menggambarkan gradasi kepuasan secara realistis, karena pendekatan sebelumnya menggunakan K-Means Clustering yang bersifat crisp sehingga tidak dapat merepresentasikan sifat kepuasan manusia yang subjektif dan berada di antara dua kategori sekaligus. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan kepuasan masyarakat terhadap layanan MPP Pekanbaru berdasarkan lima dimensi SERVQUAL menggunakan Fuzzy C-Means, serta mengidentifikasi dimensi layanan yang menjadi prioritas perbaikan. Berbeda dengan K-Means, Fuzzy C-Means memungkinkan satu responden memiliki derajat keanggotaan di lebih dari satu cluster sekaligus, sehingga lebih sesuai digunakan pada data kepuasan yang multidimensi. Data dikumpulkan melalui kuesioner yang disebar kepada 532 responden dengan instrumen 23 item pertanyaan berskala Likert 1–5 sesuai lima dimensi SERVQUAL dan PermenPANRB Nomor 14 Tahun 2017. Penentuan jumlah cluster optimal dilakukan menggunakan Partition Coefficient Index (PCI) dengan menguji empat skenario ($c=2, 3, 4, 5$). Hasil evaluasi PCI menunjukkan bahwa $c=2$ merupakan konfigurasi optimal dengan nilai PCI tertinggi sebesar 0,799303 dan konvergensi tercapai pada iterasi ke-12. Hasil pengelompokan menunjukkan bahwa 283 responden (53,2%) termasuk dalam Cluster 1 dengan label Sangat Puas dan 249 responden (46,8%) termasuk dalam Cluster 2 dengan label Puas. Analisis per dimensi SERVQUAL mengidentifikasi Responsiveness sebagai prioritas utama perbaikan dengan selisih terbesar antar cluster (1,1857 poin). Kontribusi penelitian ini adalah menghasilkan model pengelompokan kepuasan masyarakat berbasis Fuzzy C-Means yang mampu merepresentasikan gradasi kepuasan secara lebih realistis dibandingkan pendekatan crisp, serta menyediakan peta prioritas perbaikan layanan berbasis dimensi SERVQUAL yang dapat digunakan sebagai acuan evaluasi oleh pengelola MPP Pekanbaru maupun instansi layanan publik lainnya.

Kata Kunci: Fuzzy C-Means; Kepuasan Masyarakat; Clustering; SERVQUAL; Mal Pelayanan Publik; Partition Coefficient Index

Abstract—Pekanbaru Public Service Mall (MPP) is an integrated service facility that brings together various government agencies in one location. The problem identified is the absence of an in-depth mapping of community satisfaction levels that can realistically represent satisfaction gradations, as the previous approach using K-Means Clustering is crisp in nature and unable to represent the subjective satisfaction of humans who may belong to more than one category simultaneously. Therefore, this study aims to cluster community satisfaction levels toward MPP Pekanbaru services based on five SERVQUAL dimensions using Fuzzy C-Means, and to identify service dimensions that require priority improvement. Unlike K-Means, Fuzzy C-Means allows each respondent to hold membership degrees in multiple clusters simultaneously, making it more suitable for multidimensional satisfaction data. Data were collected through questionnaires distributed to 532 respondents with 23 Likert-scale items (1–5) in accordance with five SERVQUAL dimensions and PermenPANRB Number 14 of 2017. The optimal number of clusters was determined using the Partition Coefficient Index (PCI) by testing four scenarios ($c=2, 3, 4, 5$). PCI evaluation results showed that $c=2$ is the optimal configuration with the highest PCI value of 0.799303, achieving convergence at the 12th iteration. Clustering results revealed that 283 respondents (53.2%) belong to Cluster 1 labeled Very Satisfied and 249 respondents (46.8%) belong to Cluster 2 labeled Satisfied. Per-dimension SERVQUAL analysis identified Responsiveness as the primary improvement priority with the largest inter-cluster gap (1.1857 points). The contribution of this research is to produce a Fuzzy C-Means-based community satisfaction clustering model capable of representing satisfaction gradations more realistically than crisp approaches, and to provide a SERVQUAL-based service improvement priority map that can serve as an evaluation reference for MPP Pekanbaru management and other public service institutions.

Keywords: Fuzzy C-Means; Community Satisfaction; Clustering; SERVQUAL; Public Service Mall; Partition Coefficient Index

1. PENDAHULUAN

Pelayanan publik yang berkualitas merupakan salah satu indikator keberhasilan pemerintah dalam mengelola daerahnya. Pemerintah terus berinovasi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, salah satunya dengan membangun Mal Pelayanan Publik (MPP) yang menyatukan berbagai layanan instansi dalam satu tempat agar lebih praktis dan efisien. Namun, dalam pelaksanaannya, kualitas layanan publik sering kali mengalami fluktuasi yang memengaruhi kepuasan masyarakat. Penelitian (Belopa et al., 2023) menunjukkan masih terdapat kekurangan pada aspek ketepatan waktu dan prosedur yang kurang jelas, sementara (Rosmiati et al., 2024) menemukan bahwa kepuasan masyarakat sangat bergantung pada kemampuan petugas dalam memberikan layanan yang cepat dan tepat.

Berbagai penelitian di MPP di Indonesia mengungkap permasalahan serupa. (Novetu & Rahman, 2023) yang meneliti layanan MPP Kabupaten Rembang menyebutkan bahwa meskipun fasilitas fisik tersedia, masyarakat merasa informasi yang diberikan masih kurang dan petugas kurang cepat merespons. (Afifah et al., 2024) yang meneliti layanan di MPP Kota Bandung menemukan bahwa aspek keramahan dan kesopanan petugas mendapat apresiasi, namun terdapat kekurangan pada ketidakkonsistenan kehadiran pegawai. (Supawanhar et al., 2024) dalam penelitian di MPP

Kota Bengkulu menyatakan bahwa meskipun nilai indeks kepuasan sudah baik, evaluasi perlu dilakukan secara rutin agar masalah waktu tunggu dan kejelasan informasi dapat diperbaiki. Pada tingkat layanan administrasi kependudukan kelurahan, (Ramadhan et al., 2026) menyatakan kualitas pelayanan secara keseluruhan dinilai baik, namun masih membutuhkan peningkatan pada sistem pengaduan dan inovasi pelayanan publik berbasis digital.

Khusus untuk MPP Pekanbaru, penelitian oleh (Wisanta & Marlim, 2021) menggunakan metode K-Means Clustering untuk memetakan kepuasan layanan. Meskipun memberikan gambaran awal tentang pengelompokan kepuasan, K-Means memiliki keterbatasan mendasar karena bersifat crisp (hard clustering), di mana setiap data hanya dapat masuk ke satu kelompok secara mutlak. Padahal, kepuasan manusia bersifat subjektif dan tidak dapat dikategorikan secara kaku ke dalam satu kelompok saja (Firdaus et al., 2021). GAP penelitian ini terletak pada keterbatasan tersebut: penelitian sebelumnya di MPP Pekanbaru belum menggunakan pendekatan fuzzy yang mampu merepresentasikan gradasi kepuasan secara lebih realistis, yaitu pendekatan yang memungkinkan satu responden berada di lebih dari satu kelompok kepuasan sekaligus dengan derajat keanggotaan tertentu.

Algoritma Fuzzy C-Means menawarkan solusi yang lebih relevan untuk mengatasi keterbatasan tersebut. (Al Hafidz et al., 2025) menyatakan bahwa Fuzzy C-Means mampu mengelompokkan responden ke dalam beberapa cluster tingkat kepuasan dengan derajat keanggotaan yang fleksibel, memberikan gambaran pola yang lebih realistis. (Nurdin et al., 2022) menjelaskan bahwa Fuzzy C-Means lebih akurat karena memungkinkan satu responden memiliki nilai keanggotaan di lebih dari satu kelompok sekaligus. (Nugroho et al., 2025) menemukan bahwa hasil pengelompokan Fuzzy C-Means lebih stabil dan lebih baik dalam menangani data yang tumpang tindih (overlapping). (Fawaz & Handhayani, 2025) juga menegaskan bahwa Fuzzy C-Means sangat efektif digunakan pada data yang memiliki banyak variabel. Keunggulan Fuzzy C-Means telah dibuktikan pada berbagai bidang, antara lain oleh Indah et al. (2022) dalam analisis data COVID-19, (Faturahman & Hidayati, 2025) dalam pemetaan kemiskinan, serta (Telaumbanua et al., 2025) dalam analisis performa mahasiswa.

Dalam penelitian ini, data diperoleh dari kuesioner yang disebarakan kepada 532 responden pengguna layanan MPP Pekanbaru. Instrumen penelitian disusun berdasarkan Model SERVQUAL yang dikembangkan oleh Parasuraman, Zeithaml, dan Berry (1988) sebagaimana dikutip dalam (Zein et al., 2024), mencakup lima dimensi utama yaitu Tangible, Reliability, Responsiveness, Assurance, dan Empathy, serta mengacu pada PermenPANRB Nomor 14 Tahun 2017 dengan total 23 item pertanyaan berskala Likert 1–5. Model SERVQUAL ini telah terbukti valid untuk mengukur tingkat kepuasan masyarakat terhadap layanan publik, sebagaimana diterapkan oleh (Mustikasari et al., 2023) dalam pengukuran kepuasan layanan BAZNAS dan (Zein et al., 2024) dalam peningkatan kualitas kerja pelayanan.

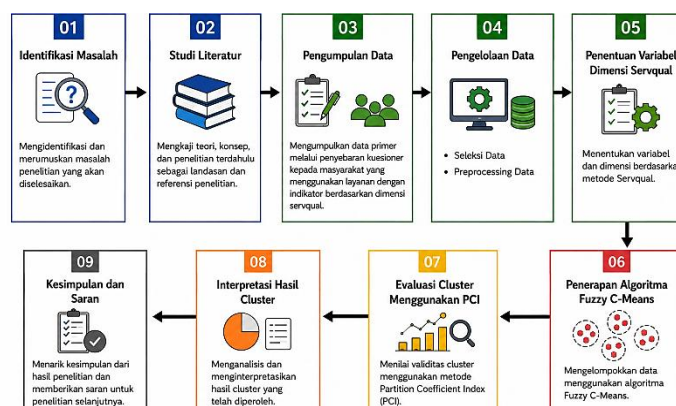
Evaluasi kualitas cluster pada Fuzzy C-Means dilakukan menggunakan Partition Coefficient Index (PCI) yang berfungsi menilai tingkat ketegasan dan pemisahan antar cluster. Penggunaan PCI memungkinkan penelitian tidak terpaku pada jumlah kelompok konvensional, melainkan menemukan jumlah kelompok secara alami dan matematis (Mutiarasari & Ghufroon, 2025). Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini berkontribusi dalam menghadirkan pendekatan pengelompokan kepuasan masyarakat yang lebih realistis dan objektif di MPP Pekanbaru dengan menggabungkan algoritma Fuzzy C-Means, kerangka SERVQUAL, dan evaluasi PCI. Tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis tingkat kepuasan masyarakat terhadap layanan MPP Pekanbaru berdasarkan dimensi SERVQUAL, dan (2) mengelompokkan masyarakat pengguna layanan MPP Pekanbaru ke dalam cluster tingkat kepuasan menggunakan metode Fuzzy C-Means.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian disusun secara sistematis dan terstruktur agar proses penelitian dapat dilakukan secara jelas, terukur, dan dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggambarkan tahap-tahap yang dilalui selama proses penelitian seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Fuzzy C-means untuk Pengelompokan kepuasan Masyarakat

Gambar 1 menampilkan alur langkah-langkah penelitian. Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah, dilanjutkan studi literatur, pengumpulan data, seleksi data, preprocessing data, penerapan algoritma Fuzzy C-Means, hingga tahap pengujian menggunakan Partition Coefficient Index (PCI) untuk menentukan jumlah cluster optimal dan menginterpretasikan pola kepuasan masyarakat secara lebih akurat.

Tahap awal dari penelitian ini adalah mengidentifikasi masalah. Proses ini melibatkan pembahasan isu-isu kunci yang akan diteliti agar penelitian dapat diarahkan secara jelas dan terfokus. Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap kondisi layanan di Mal Pelayanan Publik (MPP) Pekanbaru untuk menemukan permasalahan yang layak diteliti. Berdasarkan hasil pengamatan dan kajian awal, ditemukan bahwa belum adanya pemetaan tingkat kepuasan masyarakat secara mendalam menggunakan pendekatan fuzzy yang mampu menggambarkan gradasi kepuasan secara lebih realistis. Metode sebelumnya menggunakan K-Means Clustering yang bersifat crisp sehingga tidak dapat merepresentasikan sifat kepuasan manusia yang subjektif dan berada di antara dua kategori sekaligus. Dari permasalahan tersebut, dirumuskan pertanyaan penelitian yaitu bagaimana tingkat kepuasan masyarakat terhadap layanan MPP Pekanbaru berdasarkan dimensi SERVQUAL menggunakan metode Fuzzy C-Means.

Setelah masalah teridentifikasi, dilakukan studi literatur untuk membangun landasan teori yang kuat. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai referensi ilmiah yang relevan, meliputi konsep pelayanan publik dan Mal Pelayanan Publik (MPP), teori kepuasan masyarakat, model SERVQUAL beserta lima dimensinya yaitu Tangibles, Reliability, Responsiveness, Assurance, dan Empathy, konsep clustering dan perbedaan antara metode hard clustering dan fuzzy clustering, algoritma Fuzzy C-Means beserta persamaan matematisnya, serta Partition Coefficient Index (PCI) sebagai metrik evaluasi cluster. Studi literatur juga mencakup penelitian-penelitian terdahulu yang relevan untuk memastikan kebaruan dan kontribusi penelitian ini terhadap ilmu pengetahuan.

Pada tahap ini, Data dikumpulkan untuk mengetahui tingkat kepuasan masyarakat terhadap layanan MPP Pekanbaru dengan melibatkan 532 responden. Instrumen yang digunakan berupa kuesioner yang disusun berdasarkan Model SERVQUAL yang dikembangkan oleh Parasuraman, Zeithaml, dan Berry (1988) sebagaimana dikutip dalam (Zein et al., 2024), serta mengacu pada PermenPANRB Nomor 14 Tahun 2017. Model SERVQUAL mengukur kualitas pelayanan melalui lima dimensi utama. Tangible mencakup kemampuan menunjukkan eksistensi layanan melalui daya tarik fasilitas fisik, perlengkapan, dan penampilan pegawai. Reliability berkaitan dengan kapasitas memenuhi janji layanan secara tepat waktu, konsisten, dan akurat. Responsiveness merupakan kesediaan membantu dan memberikan pelayanan yang cepat dengan informasi yang jelas. Assurance mencakup pengetahuan, kesopanan, dan kemampuan karyawan dalam membangun kepercayaan pelanggan. Empathy adalah upaya memahami kebutuhan pelanggan dan memberikan perhatian yang tulus dan personal (Zein et al., 2024).

Selain dimensi SERVQUAL, instrumen juga mengacu pada sembilan unsur Survei Kepuasan Masyarakat dalam PermenPANRB Nomor 14 Tahun 2017, yang meliputi persyaratan, sistem mekanisme dan prosedur, waktu penyelesaian, biaya/tarif, produk spesifikasi jenis pelayanan, kompetensi pelaksana, perilaku pelaksana, penanganan pengaduan saran dan masukan, serta sarana dan prasarana. Kedua kerangka ini digabungkan menjadi 23 item pertanyaan dengan skala Likert 1–5. Kuesioner telah melalui uji validasi pakar (expert judgment) oleh Dr. Salmiyati, M.Psi., Psikologi, selaku Dosen Psikologi di Fakultas Psikologi UIN Suska Riau untuk memastikan setiap item dapat dipahami dengan baik dan mengukur variabel pelayanan secara akurat. Item pertanyaan dikelompokkan ke dalam lima dimensi SERVQUAL sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Instrumen alat ukur kepuasan

No	Dimensi Servqual	Item	Jumlah
1	Reliability	Q1–Q6	6
2	Responsiveness	Q7–Q10	4
3	Assurance	Q11–Q15	5
4	Empathy	Q16–Q19	4
5	Tangibles	Q20–Q23	4
Total			23

Tabel 1 menampilkan instrumen yang digunakan untuk mengukur kepuasan masyarakat terhadap layanan yang disusun berdasarkan model ServQual. Model ServQual dipilih karena telah terbukti secara empiris mampu mengukur kualitas layanan secara komprehensif melalui lima dimensi utama. Kelima dimensi tersebut meliputi reliability, responsiveness, assurance, empathy, dan tangibles yang masing-masing dijabarkan ke dalam sejumlah item pertanyaan. Dimensi reliability terdiri dari 6 item pertanyaan yang mencakup indikator keandalan layanan yang diberikan kepada masyarakat. Dimensi responsiveness terdiri dari 4 item yang mengukur ketanggapan petugas dalam merespons kebutuhan pengguna layanan. Dimensi assurance mencakup 5 item yang berkaitan dengan jaminan kepercayaan dan kompetensi dalam pelayanan, sedangkan dimensi empathy terdiri dari 4 item yang menggambarkan perhatian personal kepada masyarakat. Dimensi tangibles juga terdiri dari 4 item yang mengukur aspek fisik dan fasilitas yang tersedia dalam layanan tersebut. Secara keseluruhan, instrumen penelitian ini mencakup total 23 item pertanyaan yang digunakan sebagai alat ukur dalam pengumpulan data kepuasan masyarakat.



Tabel 2. Butir Pertanyaan Instrumen Kuesioner

No	Pertanyaann	SS	S	RR	TS	STS
1	Persyaratan pelayanan disampaikan petugas secara jelas dan mudah dipahami					
2	Prosedur pelayanan dilaksanakan sesuai ketentuan yang berlaku					
...	...					
22	Fasilitas yang disediakan seperti ruang tunggu dan loket antrian berfungsi dengan baik					
23	Fasilitas pelayanan membuat saya merasa nyaman					

Tabel 2 menampilkan butiran item pertanyaan yang digunakan untuk mengukur kepuasan masyarakat terhadap layanan. Setiap item yang dinilai menggunakan skala likert 1 hingga 5, sangat setuju, setuju, ragu-ragu, tidak setuju, dan sangat tidak setuju

2.2 Seleksi Data

Tahap seleksi data dilakukan untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam penelitian telah memenuhi kriteria kelayakan. Seleksi data meliputi pemeriksaan kelengkapan jawaban responden, konsistensi pengisian kuesioner, serta penghapusan data yang tidak valid atau tidak lengkap. Data yang lolos tahap seleksi selanjutnya digunakan dalam proses analisis.

2.3 Preprocessing Data

Pada tahap ini Preprocessing data bertujuan untuk menyiapkan data agar dapat diolah menggunakan algoritma Fuzzy C-Means. Tahapan preprocessing meliputi Transformasi data kuesioner ke dalam bentuk numerik sesuai dengan skala Likert. Penyusunan Vektor Input: Menyusun data numerik dari ke-23 indikator pertanyaan untuk masing-masing responden menjadi satu kesatuan vektor data (array multidimensi). Setiap responden direpresentasikan oleh 23 variabel masukan yang siap diproses secara langsung ke dalam perhitungan algoritma Fuzzy C-Means

Tabel 3. Konversi skala likert kusioner

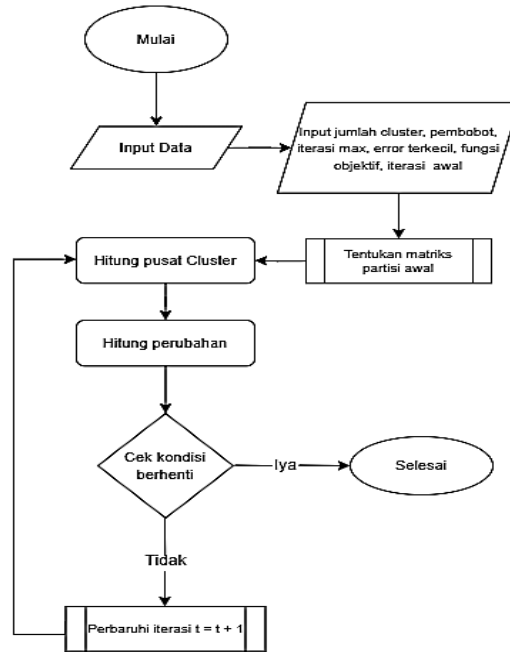
No	Jawaban	Inisiasi Jawaban
1	Sangat Setuju (ST)	5
2	Setuju (S)	4
3	Ragu-Ragu (RR)	3
4	Tidak Setuju (TS)	2
5	Sangat Tidak Setuju (STS)	1

Tabel 3 ini menampilkan konversi skala likert yang digunakan dipenelitian ini, selanjutnya nilai-nilai ini akan menjadi dasar perhitungan analisis yang akan langsung diproses kedalam perhitungan algoritma Fuzzy C-Means.

2.4 Clustering dan Penerapan Algoritma Fuzzy C-Means

Clustering merupakan salah satu metode dalam data mining yang bersifat unsupervised learning, digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa cluster berdasarkan tingkat kemiripan antar objek (Indah et al., 2022). Secara umum terdapat dua jenis pendekatan, yaitu clustering hierarki dan non-hierarki. Clustering hierarki membentuk struktur bertingkat, sedangkan clustering non-hierarki seperti K-Means dan Fuzzy C-Means melakukan pengelompokan langsung ke sejumlah cluster yang telah ditentukan. (Ningrum & Syaputra, 2022) menunjukkan bahwa clustering mampu menggambarkan variasi kompetensi berdasarkan kemiripan data, sementara (Nugraha et al., 2023) menegaskan bahwa clustering efektif untuk analisis spasial berdasarkan kedekatan pola data.

Fuzzy C-Means merupakan salah satu metode clustering non-hierarki yang bekerja menggunakan pendekatan logika fuzzy dalam menentukan kedekatan data terhadap suatu cluster. Fuzzy C-Means memungkinkan satu data memiliki kedekatan dengan lebih dari satu cluster melalui nilai keanggotaan (membership). Pendekatan ini membuat Fuzzy C-Means jauh lebih fleksibel dan lebih mampu menggambarkan fenomena yang batas kategorinya tidak tegas. (Firdaus et al., 2021) menegaskan bahwa Fuzzy C-Means mampu mengungkap pola hubungan antarvariabel secara lebih halus, terutama pada dataset multidimensi yang tidak dapat dipetakan dengan baik oleh metode clustering tegas. (Nugroho et al., 2025) menyatakan bahwa Fuzzy C-Means memiliki stabilitas lebih baik dalam mengelompokkan data yang tumpang tindih (overlapping). (Al Hafidz et al., 2025) yang menyatakan bahwa Fuzzy C-Means memiliki stabilitas lebih baik dalam mengelompokkan data yang tumpang tindih (overlapping). secara matematis, algoritma Fuzzy C-Means bekerja melalui mekanisme iteratif untuk meminimalkan fungsi objektif dan memperbaiki nilai derajat keanggotaan serta pusat cluster. persamaan-persamaan matematis yang menjadi dasar perhitungan algoritma Fuzzy C-Means yaitu Fungsi Objektif, Jarak Euclidean Jarak antara data responden dan pusat cluster, Perhitungan Pusat Cluster (centroid) Perhitungan Derajat Keanggotaan setiap responden diperbarui pada setiap iterasi melalui mekanisme iteratif, Fuzzy C-Means terus memperbaiki pusat cluster dan nilai keanggotaan hingga mencapai kondisi konvergensi, yaitu ketika perubahan nilai keanggotaan sudah sangat kecil. Proses inilah yang membuat Fuzzy C-Means mampu menangkap pola kedekatan data secara lebih realistis. Berikut adalah tahapan dari algoritma Fuzzy C-Means yang disajikan pada Gambar 2:



Gambar 2. Flowchart Algoritma Fuzzy C-Means

Berdasarkan Gambar 2, algoritma Fuzzy C-Means bekerja melalui tahapan berikut. Data masukan berupa matriks X berukuran $n \times m$, di mana n adalah jumlah responden (532) dan m adalah jumlah indikator (23). Parameter awal ditetapkan meliputi jumlah cluster (c), nilai fuzziness (w), batas maksimum iterasi, dan nilai ambang batas kesalahan (ϵ), dengan fungsi objektif awal $P(0)=0$ dan iterasi awal $t=1$.

Inisialisasi matriks keanggotaan U dilakukan secara acak dengan syarat bahwa jumlah derajat keanggotaan setiap data terhadap semua cluster sama dengan 1, sesuai Persamaan (1) (Nurdin et al., 2022):

$$\sum_{j=1}^c u_{ij} = 1, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Keterangan: u_{ij} derajat keanggotaan data ke- i terhadap cluster ke- j , bernilai antara 0-1 c jumlah cluster n jumlah data (responden). Pusat cluster kemudian dihitung menggunakan Persamaan (2) yang dikembangkan oleh (Bezdek C., 1981) sebagaimana dikutip dalam (Nurdin et al., 2022):

$$v_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n (u_{ij})^w \cdot x_{ik}}{\sum_{i=1}^n (u_{ij})^w} \quad (2)$$

Keterangan: v_{jk} = nilai pusat cluster ke- j pada atribut ke- k , u_{ij} = derajat keanggotaan data ke- i terhadap cluster ke- j , w = parameter fuzziness, x_{ik} = nilai data ke- i pada atribut ke- k , n = jumlah data. Fungsi objektif pada iterasi ke- t dihitung menggunakan Persamaan (3) (Bezdek C., 1981) dalam (Nurdin et al., 2022):

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c \left(\sum_{k=1}^m (x_{ik} - v_{jk})^2 \right) (u_{ij})^w \quad (3)$$

Keterangan: P_t = nilai fungsi objektif pada iterasi ke- t , n = jumlah data (responden), c = jumlah cluster, m = jumlah atribut/indikator (23 item pertanyaan), x_{ik} = nilai data ke- i pada atribut ke- k , v_{jk} = nilai pusat cluster ke- j pada atribut ke- k , u_{ij} = derajat keanggotaan data ke- i terhadap cluster ke- j , w = parameter fuzziness (bobot pemangkat). Perbarui nilai derajat keanggotaan menggunakan persamaan. Rumus ini dikembangkan oleh (Bezdek C., 1981) dan dikutip dalam penelitian (Nurdin et al., 2022).

$$u_{ik} = \frac{\left| \sum_{j=1}^c (x_{ij} - v_{kj})^2 \right|^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left| \sum_{j=1}^c (x_{ij} - v_{kj})^2 \right|^{-\frac{1}{w-1}}} \quad (4)$$

Keterangan: u_{ik} = derajat keanggotaan data ke- i terhadap cluster ke- k , x_{ij} = nilai data ke- i pada atribut ke- j , m = jumlah atribut/indikator, c = jumlah cluster, w = parameter fuzziness (bobot pemangkat). Periksa kondisi berhenti: jika $|P_t - P_{t-1}| < \epsilon$ atau $t > \text{MaxIter}$ maka algoritma berhenti; jika tidak, tambahkan $t = t+1$ dan kembali ke perhitungan pusat cluster.

2.5 Evaluasi

Tahap pengujian evaluasi dilakukan setelah proses komputasi Fuzzy C-Means mencapai konvergensi pada setiap skenario jumlah cluster (c). Evaluasi validitas pengelompokan ini dihitung menggunakan metode Partition Coefficient



Index (PCI). Nilai indeks PCI dihitung secara sistematis untuk setiap skenario pembagian cluster guna menilai tingkat ketegasan dan kerapatan pemisahan data. Skenario jumlah cluster yang berhasil menghasilkan nilai PCI paling tinggi (mendekati angka 1) akan ditetapkan sebagai jumlah cluster yang paling optimal. Tahap akhir dari pengolahan data metodologi ini adalah melakukan interpretasi terhadap struktur cluster optimal yang telah tervalidasi. Interpretasi dilakukan dengan mengambil nilai akhir dari pusat cluster yang memuat 23 titik koordinat atribut. Titik-titik koordinat tersebut kemudian dikelompokkan dan dihitung nilai rata-ratanya berdasarkan 5 dimensi SERVQUAL (Reliability, Responsiveness, Assurance, Empathy, Tangibles). Hasil rata-rata per dimensi inilah yang digunakan untuk mendeskripsikan secara spesifik karakteristik pelayanan, kekuatan prioritas, dan kelemahan layanan pada masing-masing kelompok pengguna layanan di Mal Pelayanan Publik Pekanbaru.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Seleksi Dan Preprocessing Data

Seleksi data dilakukan terhadap 532 data responden untuk memastikan kualitas data sebelum proses clustering. Pemeriksaan meliputi missing values, nilai di luar skala Likert 1–5, dan duplikasi nama responden. Hasil seleksi data disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Seleksi Data

No	Aspek pemeriksaan	Hasil	Keterangan
1	Missing values	0	Tidak ada data kosong
2	Nilai diluar skala 1-5	0	Semua nilai valid
3	Duplikasi nama	68	Tidak dihapus (berbeda responden dan pengisian jawaban berbeda)
4	Total data valid	532	Siap diproses

Berdasarkan Tabel 4, seluruh 532 data dinyatakan lolos seleksi. Tahap preprocessing menghasilkan matriks data X berukuran 532×23 yang merupakan input algoritma Fuzzy C-Means. Normalisasi tidak dilakukan karena seluruh 23 indikator menggunakan skala Likert 1–5 yang sama, sehingga tidak terdapat perbedaan rentang nilai antar indikator yang dapat menyebabkan bias perhitungan jarak Euclidean.

3.2 Penerapan Algoritma Fuzzy C-Means

Sebelum algoritma Fuzzy C-Means dijalankan, terlebih dahulu ditentukan parameter-parameter yang akan digunakan selama proses clustering, Parameter awal penelitian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter Fuzzy C-Means

No	Parameter	Nilai	Keterangan
1	Jumlah Cluster (c)	2, 3, 4, 5	Diuji 4 skenario
2	Fuzziness (m)	2,0	Tingkat kekaburan antar cluster
3	Maksimum iterasi	100	Batas perulangan
4	Epsilon (e)	0,00001	Ambang batas konvergensi
5	Jumlah data (n)	532	Total responden
6	Jumlah indicator (p)	23	Item pertanyaan Q1-Q23

Berdasarkan Tabel 5 ini menampilkan tahap pertama dari algoritma Fuzzy C-Means yaitu dengan menentukan parameter Fuzzy C-Means dijalankan menggunakan parameter: fuzziness $m=2,0$, epsilon $e=0,00001$, dan batas iterasi maksimum 100. Empat skenario jumlah cluster ($c=2, 3, 4, 5$) diuji untuk menemukan konfigurasi optimal. Penetapan rentang skenario ini didasarkan pada dua pertimbangan. Pertama, batas bawah $c=2$ ditetapkan karena pengelompokan minimum yang bermakna dalam analisis kepuasan adalah dua kelompok, di mana satu kelompok merepresentasikan responden yang Sangat Puas dan satu kelompok lainnya merepresentasikan responden yang Puas. Pengelompokan dengan $c=1$ tidak memiliki makna analitis karena seluruh data akan masuk ke dalam satu kelompok yang sama. Kedua, batas atas $c=5$ ditetapkan dengan mempertimbangkan jumlah kategori skala Likert yang digunakan dalam instrumen penelitian ini yaitu 5 kategori (1: Sangat Tidak Setuju, 2: Tidak Setuju, 3: Netral, 4: Setuju, 5: Sangat Setuju), sehingga secara logis jumlah kelompok kepuasan tidak perlu melebihi jumlah kategori skala pengukuran yang digunakan. Selain itu, semakin banyak jumlah cluster yang diuji akan meningkatkan kompleksitas komputasi tanpa jaminan menghasilkan pengelompokan yang lebih bermakna. Pendekatan pengujian rentang skenario ini juga sejalan dengan penelitian (Firdaus et al., 2021) yang menguji rentang cluster serupa dalam penelitian Fuzzy C-Means untuk memilih jumlah cluster optimal berdasarkan nilai PCI tertinggi.

Inisialisasi matriks keanggotaan U dilakukan secara acak menggunakan distribusi Dirichlet untuk memastikan jumlah derajat keanggotaan setiap responden terhadap semua cluster sama dengan Proses iteratif Fuzzy C-Means terdiri dari perhitungan pusat cluster menggunakan persamaan, perhitungan jarak Euclidean menggunakan persamaan, perhitungan fungsi objektif menggunakan persamaan, dan pembaruan derajat keanggotaan menggunakan persamaan .

Proses berhenti ketika $\Delta U < \epsilon$ atau iterasi mencapai batas maksimum. Hasil proses iterasi untuk keempat skenario disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Proses Iterasi Fuzzy C-Means

No	Skenario	J iterasi 1	J iterasi final	Iterasi konvergen	keterangan
1	C = 2	6471,6139	3841,7890	12	Konvergen tercepat
2	C = 3	4833,4015	2282,5082	61	-
3	C = 4	3983,4756	1660,2985	68	Konvergen terlama
4	C = 5	3199,7603	1183,1285	38	-

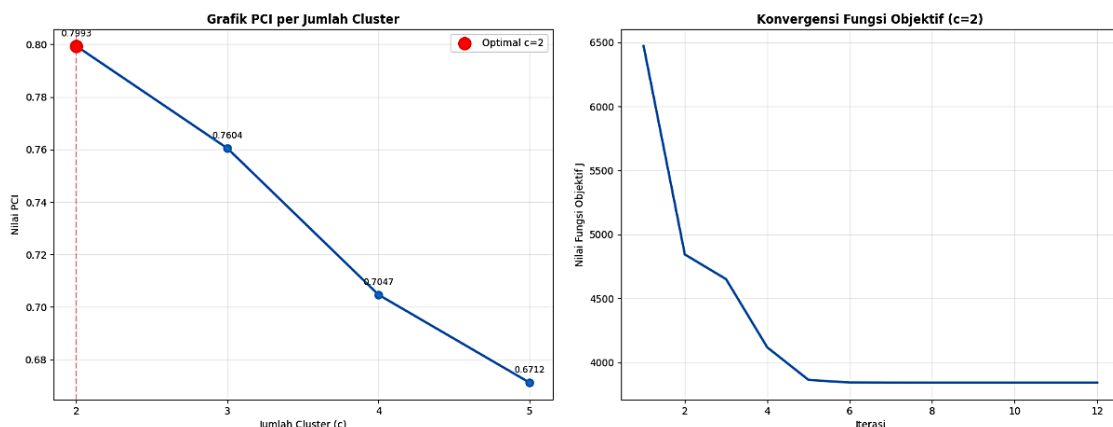
Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai fungsi objektif J pada iterasi pertama selalu lebih besar dibanding J final, yang menunjukkan bahwa kualitas pengelompokan terus membaik di setiap iterasi. Skenario $c=2$ mencapai konvergensi paling cepat yaitu pada iterasi ke-12, karena dengan hanya 2 cluster algoritma lebih mudah menemukan posisi pusat cluster yang stabil. Skenario $c=4$ membutuhkan iterasi terbanyak yaitu 68 iterasi karena kompleksitas pengelompokan yang tinggi. Adapun skenario $c=5$ konvergen lebih cepat pada iterasi ke-38 dibanding $c=4$, hal ini dipengaruhi oleh posisi inisialisasi matriks keanggotaan secara acak yang kebetulan lebih dekat ke solusi optimal pada skenario tersebut.

3.3 Evaluasi Cluster Partition Coefficient Index

Tahap evaluasi dilakukan setelah algoritma Fuzzy C-Means mencapai konvergensi pada setiap skenario jumlah cluster. Evaluasi kualitas pengelompokan menggunakan Partition Coefficient Index (PCI) sebagaimana dirumuskan oleh (Bezdek C., 1981). PCI dipilih sebagai metrik evaluasi karena dirancang khusus untuk algoritma berbasis logika fuzzy dan memanfaatkan nilai derajat keanggotaan u_{ij} hanya dihasilkan oleh Fuzzy C-Means. Sebagaimana dikemukakan oleh (Firdaus et al., 2021), evaluasi menggunakan PCI sangat krusial untuk memverifikasi tingkat akurasi dan validitas struktur cluster yang terbentuk. Nilai PCI dihitung menggunakan Persamaan (5).

$$PCI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c u_{ij}^2 \tag{5}$$

Keterangan: PCI = Nilai indeks koefisien partisi (partition coefficient index), n = jumlah data (responden) c = jumlah cluster yang dibentuk, u_{ij} = nilai derajat keanggotaan data ke- i pada cluster ke- j (dari matriks partisi u hasil iterasi akhir). Nilai PCI berkisar antara $\frac{1}{c}$ hingga 1. Nilai PCI mendekati 1 menunjukkan bahwa keanggotaan setiap responden sangat tegas dan terkonsentrasi pada satu cluster (pengelompokan optimal), sedangkan nilai PCI mendekati $\frac{1}{c}$ menunjukkan bahwa keanggotaan responden sangat menyebar merata ke semua cluster (pengelompokan kabur/buruk). Prinsip kerja PCI adalah dengan mengkuadratkan seluruh nilai derajat keanggotaan u_{ij} semakin tegas keanggotaan seorang responden ke satu cluster (nilai u_{ij} mendekati 1), maka nilai u_{ij}^2 semakin besar sehingga menghasilkan nilai PCI yang tinggi. Sebaliknya, jika keanggotaan responden menyebar merata ke beberapa cluster (nilai u_{ij} kecil), maka nilai u_{ij}^2 kecil sehingga menghasilkan nilai PCI yang rendah. Hasil perhitungan nilai PCI untuk keempat skenario jumlah cluster disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Nilai PCI Tiap Skenario Cluster

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilakukan analisis mendalam terhadap hasil nilai PCI setiap skenario. Pertama, skenario $c=2$ menghasilkan nilai PCI tertinggi sebesar 0,799303. Nilai ini mendekati 1 dan berada jauh di atas nilai terburuk $\frac{1}{c} = \frac{1}{2} = 0,5$ dengan selisih sebesar 0,2993. Tingginya nilai PCI pada $c=2$ menunjukkan bahwa keanggotaan setiap responden sangat terkonsentrasi ke salah satu dari dua cluster, artinya pemisahan antar kelompok kepuasan sangat tegas dan berkualitas. Hal ini juga dibuktikan dengan waktu konvergensi tercepat yaitu hanya 12 iterasi, yang mengindikasikan bahwa struktur dua cluster merupakan pola alami yang paling kuat dalam data kepuasan masyarakat MPP Pekanbaru.

Kedua, skenario $c=3$ menghasilkan nilai PCI sebesar 0.760402 turun sebesar 0,038901 dibanding $c=2$. Penurunan ini terjadi karena dengan tiga cluster, keanggotaan setiap responden tersebar ke lebih banyak cluster sehingga nilai u_{ij} menjadi lebih kecil dan nilai PCI pun menurun. Skenario ini membutuhkan 61 iterasi untuk konvergen, lebih lama dibanding $c=2$.

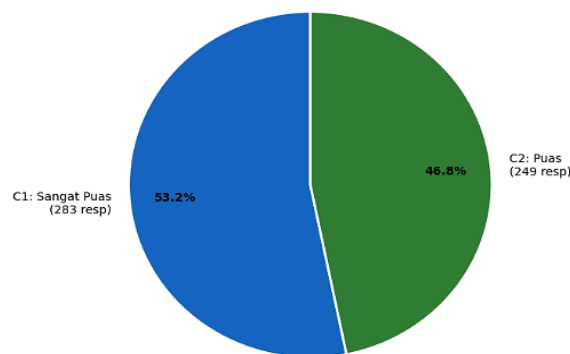
Ketiga, skenario $c=4$ menghasilkan nilai PCI terendah sebesar 0.704695 dan membutuhkan iterasi terbanyak yaitu 68 iterasi untuk konvergen. Nilai PCI yang paling rendah di antara semua skenario menunjukkan bahwa pembagian data ke dalam 4 cluster menghasilkan pengelompokan yang paling kabur, di mana keanggotaan responden menyebar sangat merata ke keempat cluster sehingga batas antar cluster menjadi tidak tegas.

Keempat, skenario $c=5$ menghasilkan nilai PCI sebesar 0.671249 sedikit lebih tinggi dari $c=4$. Meskipun demikian, nilai ini tetap lebih rendah dari $c=2$ dan $c=3$. Skenario $c=5$ konvergen lebih cepat dari $c=4$ yaitu pada iterasi ke-38, hal ini dipengaruhi oleh posisi inisialisasi matriks keanggotaan secara acak yang kebetulan lebih dekat ke solusi optimal pada skenario tersebut.

Secara keseluruhan, pola penurunan nilai PCI seiring bertambahnya jumlah cluster mencerminkan prinsip dasar fuzzy clustering: semakin banyak cluster, semakin menyebar derajat keanggotaan setiap responden, sehingga nilai PCI semakin kecil. Fakta bahwa $c=2$ menghasilkan PCI tertinggi sekaligus konvergensi tercepat mengonfirmasi bahwa dua cluster merupakan struktur paling natural dan paling tegas yang tersimpan dalam data kepuasan masyarakat MPP Pekanbaru. Hasil ini sejalan dengan Firdaus et al. (2021) yang memperoleh nilai PCI sebesar 0,818 pada Fuzzy C-Means untuk pemetaan daerah rawan kriminalitas, serta Mutiara Sari & Ghufro (2025) yang menegaskan bahwa PCI memberikan analisis komprehensif terhadap kualitas clustering berbasis Fuzzy C-Means. Oleh karena itu, jumlah cluster optimal yang ditetapkan adalah $c=2$.

3.4 Interpretasi Hasil Cluster

Berdasarkan nilai rata-rata pusat cluster final hasil Fuzzy C-Means pada iterasi ke-12 (iterasi konvergen) yang ditampilkan pada Tabel 6, dilakukan interpretasi label kepuasan. Rentang interpretasi dihitung dengan interval $(5-1)/5 = 0,80$, menghasilkan kategori: Sangat Tidak Puas (1,00–1,80), Tidak Puas (1,81–2,60), Cukup Puas (2,61–3,40), Puas (3,41–4,20), dan Sangat Puas (4,21–5,00). Cluster 1 memiliki rata-rata pusat cluster 4.8363 (Sangat Puas) dan Cluster 2 memiliki rata-rata 3,8048 (Puas). Distribusi responden disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Distribusi Responden per Cluster

Berdasarkan dari Gambar 4. Sebanyak 283 responden (53,2%) masuk ke Cluster 1 (Sangat Puas) dan 249 responden (46,8%) masuk ke Cluster 2 (Puas). Tidak ada responden yang masuk kategori Cukup Puas, Tidak Puas, maupun Sangat Tidak Puas, hal ini dapat dijelaskan melalui beberapa alasan. Pertama, dari sisi karakteristik data. Rata-rata keseluruhan data kuesioner adalah 4,3240 dari skala maksimum 5,00. Nilai rata-rata ini berada jauh di atas nilai tengah skala Likert yaitu 3,00 (Netral), yang mengindikasikan bahwa secara keseluruhan responden cenderung memberikan penilaian positif terhadap layanan MPP Pekanbaru. Hal ini berarti sejak awal distribusi data memang terkonsentrasi pada nilai-nilai tinggi di skala Likert (4 dan 5), sehingga secara matematis pusat cluster yang terbentuk oleh algoritma Fuzzy C-Means pun berada pada rentang nilai yang tinggi yaitu 4,8363 untuk Cluster 1 dan 3,8048 untuk Cluster 2. Cluster 1 masuk ke dalam kategori Sangat Puas (4,21–5,00) dan Cluster 2 masuk ke dalam kategori Puas (3,41–4,20), bukan ke kategori yang lebih rendah.

Kedua, dari sisi proses pengumpulan data. Responden yang mengisi kuesioner adalah masyarakat yang secara sukarela datang dan menggunakan layanan di MPP Pekanbaru. Kelompok responden ini umumnya telah berinteraksi langsung dengan petugas dan merasakan manfaat layanan terpadu yang disediakan MPP, sehingga kecenderungan penilaian mereka lebih positif dibandingkan masyarakat yang belum pernah menggunakan layanan MPP sama sekali. Hal ini sejalan dengan (Rosmiati et al., 2024) yang menegaskan bahwa kepuasan masyarakat sangat bergantung pada interaksi langsung dengan petugas dan hasil akhir layanan yang diterima.

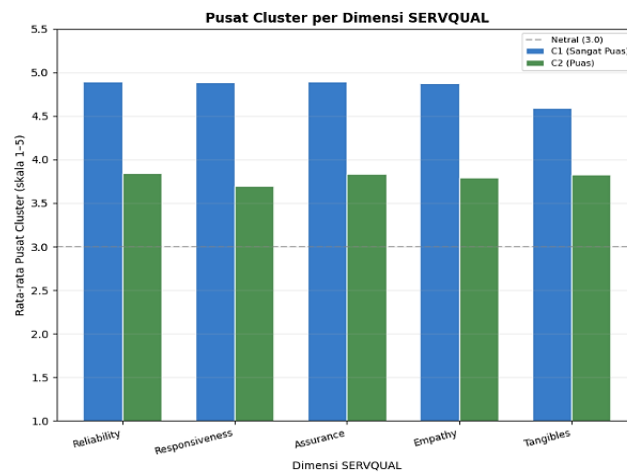
Ketiga, dari sisi keberhasilan inovasi MPP itu sendiri. MPP Pekanbaru sebagai fasilitas layanan terpadu yang mengintegrasikan berbagai instansi dalam satu lokasi telah berhasil meningkatkan kemudahan akses dan efisiensi layanan bagi masyarakat. (Novetu & Rahman, 2023) menjelaskan bahwa konsep integrasi layanan dalam MPP memang dirancang untuk memberikan kenyamanan dan kemudahan yang tidak tersedia pada layanan konvensional yang

terpisah-pisah. Keberhasilan konsep ini tercermin dari tidak adanya responden yang memberikan penilaian sangat negatif terhadap layanan MPP Pekanbaru.

Keempat, dari sisi algoritma Fuzzy C-Means. Perlu dipahami bahwa label "Sangat Puas" dan "Puas" pada penelitian ini bersifat relatif label tersebut ditentukan berdasarkan nilai rata-rata pusat cluster yang dibandingkan dengan rentang interpretasi skala Likert, bukan berarti Cluster 2 tidak memberikan kepuasan. Cluster 2 dengan rata-rata pusat cluster 3,8048 berada dalam kategori Puas (3,41–4,20), yang berarti kelompok ini tetap merasa puas terhadap layanan MPP Pekanbaru, namun pada tingkat yang lebih rendah dibandingkan Cluster 1. Inilah salah satu keunggulan Fuzzy C-Means mampu mengidentifikasi perbedaan gradasi kepuasan yang halus di antara kelompok masyarakat yang secara umum memberikan penilaian positif, sebagaimana ditunjukkan oleh contoh responden dengan $U_{C1}=0,2388$ dan $U_{C2}=0,7612$ yang memiliki kecenderungan kepuasan di antara kedua kelompok sekaligus.

3.5 Analisis Perdimensi Servqual

Interpretasi hasil cluster per dimensi SERVQUAL dilakukan dengan mengelompokkan 23 nilai pusat cluster final sesuai dimensinya, kemudian dihitung rata-rata per dimensi. Hasil perbandingan nilai pusat cluster per dimensi SERVQUAL disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Pusat Cluster per Dimensi SERVQUAL

Berdasarkan Gambar 5. Pada Cluster 1 (Sangat Puas), seluruh dimensi SERVQUAL berada dalam kategori Sangat Puas ($>4,21$). Dimensi Reliability memperoleh nilai tertinggi (4,8932) yang mencerminkan bahwa responden sangat puas dengan ketepatan prosedur, kecepatan, dan akurasi pelayanan. Dimensi Tangibles memperoleh nilai terendah (4,5913) meskipun masih dalam kategori Sangat Puas, mengindikasikan masih terdapat ruang peningkatan pada aspek fasilitas fisik.

Pada Cluster 2 (Puas), dimensi Reliability memperoleh nilai tertinggi (3,8397) dan dimensi Responsiveness memperoleh nilai terendah (3,7013). Temuan ini sejalan dengan (Belopa et al., 2023) yang menyatakan bahwa aspek daya tanggap petugas sering menjadi keluhan utama masyarakat dalam layanan publik, serta (Novetu & Rahman, 2023) yang menemukan bahwa ekspektasi masyarakat sering lebih tinggi dari kinerja aktual pada aspek kecepatan respons.

Secara keseluruhan, selisih nilai pusat cluster antar dimensi menunjukkan pola yang konsisten dan bermakna. Dimensi Responsiveness memiliki selisih terbesar (1,1857 poin), diikuti Empathy (1,0885 poin), Reliability (1,0535 poin), Assurance (1,0526 poin), dan Tangibles (0,7608 poin). Pola ini sangat bermakna secara teoritis: dimensi yang melibatkan interaksi langsung antara petugas dan masyarakat (Responsiveness dan Empathy) menghasilkan variasi penilaian lebih besar antar cluster, sementara dimensi fasilitas fisik (Tangibles) cenderung dipersepsikan lebih seragam oleh kedua kelompok. Hal ini dapat dijelaskan karena fasilitas fisik MPP bersifat sama dan dapat dirasakan oleh seluruh pengunjung tanpa perbedaan, sedangkan kualitas interaksi dengan petugas sangat bergantung pada individu dan situasi layanan yang dialami masing-masing responden. Temuan ini mengonfirmasi bahwa kualitas sumber daya manusia, khususnya sikap dan kecepatan respons petugas, merupakan faktor paling krusial yang membedakan kelompok masyarakat yang Sangat Puas dari yang Puas.

3.6 Pembahasan

Penelitian ini berhasil mengelompokkan 532 responden pengguna layanan MPP Pekanbaru ke dalam dua cluster tingkat kepuasan menggunakan algoritma Fuzzy C-Means dengan jumlah cluster optimal $c=2$ yang ditentukan berdasarkan nilai PCI tertinggi sebesar 0,799303. Temuan ini menunjukkan bahwa secara alami data kepuasan masyarakat MPP Pekanbaru terbagi menjadi dua pola yang berbeda, yaitu kelompok Sangat Puas dan kelompok Puas, tanpa adanya asumsi awal tentang jumlah kelompok yang harus terbentuk. Hal ini membuktikan bahwa pendekatan Fuzzy C-Means yang menentukan jumlah cluster secara matematis melalui evaluasi PCI menghasilkan temuan yang lebih objektif dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dibandingkan pendekatan yang menetapkan jumlah cluster secara subjektif dari awal.



Temuan utama penelitian ini adalah dimensi Responsiveness menjadi dimensi yang paling membedakan antara Cluster 1 (Sangat Puas) dan Cluster 2 (Puas) dengan selisih terbesar yaitu 1,1857 poin, jauh lebih besar dibandingkan selisih dimensi lainnya. Pada Cluster 1, dimensi Responsiveness memperoleh nilai 4,8870 (kategori Sangat Puas), sedangkan pada Cluster 2 hanya memperoleh nilai 3,7013 (kategori Puas, mendekati batas bawah). Nilai Responsiveness pada Cluster 2 merupakan nilai terendah di antara seluruh dimensi SERVQUAL pada cluster tersebut, yang berarti kecepatan dan kesiapan petugas dalam merespons kebutuhan masyarakat adalah aspek yang paling lemah dalam penilaian layanan MPP Pekanbaru.

Berdasarkan teori SERVQUAL yang dikembangkan oleh Parasuraman, Zeithaml, dan Berry (1988) dalam penelitian (Zein et al., 2024), dimensi Responsiveness mencakup empat aspek utama yaitu inisiatif petugas dalam membantu masyarakat yang kebingungan terhadap alur prosedur layanan, ketepatan waktu pelayanan, kecepatan dan kesiapan petugas dalam melayani, serta kecepatan penindaklanjutan pengaduan. Rendahnya penilaian masyarakat pada dimensi ini mengindikasikan bahwa keempat aspek tersebut belum sepenuhnya terpenuhi sesuai harapan sebagian kelompok pengguna layanan MPP Pekanbaru. Dalam konteks layanan publik, dimensi Responsiveness memiliki sifat yang sangat rentan terhadap persepsi negatif karena berkaitan langsung dengan pengalaman masyarakat secara real-time ketika berinteraksi dengan petugas. Ketika seseorang harus menunggu terlalu lama atau petugas tidak menunjukkan inisiatif yang memadai, persepsi negatif terbentuk dengan cepat dan sulit untuk diubah meskipun dimensi layanan lainnya sudah baik.

Rendahnya dimensi Responsiveness pada Cluster 2 (Puas) dapat ditafsirkan melalui beberapa faktor. Pertama, tingginya volume layanan di MPP Pekanbaru yang melayani berbagai jenis administrasi dari banyak instansi sekaligus berpotensi menciptakan antrian panjang dan waktu tunggu yang lama, sehingga kecepatan respons petugas terasa kurang optimal di mata sebagian masyarakat. Kedua, karena MPP Pekanbaru mengintegrasikan banyak instansi dalam satu lokasi, koordinasi antar petugas dari instansi yang berbeda dapat menimbulkan ketidakjelasan siapa yang bertanggung jawab merespons kebutuhan tertentu, sehingga inisiatif petugas dalam membantu masyarakat yang kebingungan menjadi kurang terasa. Ketiga, ekspektasi masyarakat terhadap kecepatan layanan di MPP umumnya sangat tinggi karena MPP sejak awal dipromosikan sebagai inovasi yang mempercepat dan mempermudah pengurusan administrasi, sehingga ketika kenyataan di lapangan tidak sepenuhnya memenuhi ekspektasi tersebut, masyarakat cenderung memberikan penilaian yang lebih rendah pada dimensi Responsiveness meskipun dimensi lainnya dinilai memuaskan. Hal ini sejalan dengan (Novetu & Rahman, 2023) yang menemukan bahwa ekspektasi masyarakat terhadap layanan MPP sering kali lebih tinggi dari kinerja aktual yang diberikan, terutama pada aspek kecepatan respons petugas. (Belopa et al., 2023) juga menegaskan bahwa aspek daya tanggap petugas secara konsisten menjadi keluhan utama masyarakat dalam evaluasi layanan publik di berbagai daerah.

Temuan penelitian ini sejalan dan dapat diperbandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu. (Nurdin et al., 2022) yang menerapkan Fuzzy C-Means untuk menentukan tingkat kepuasan mahasiswa dalam pembelajaran daring menemukan dua cluster yaitu kelompok puas (303 mahasiswa, 60,6%) dan tidak puas (197 mahasiswa, 39,4%). Proporsi distribusi ini sebanding dengan temuan penelitian ini yang menghasilkan dua cluster dengan proporsi 53,2% dan 46,8%, mengkonfirmasi bahwa Fuzzy C-Means secara konsisten mampu mengidentifikasi dua pola dominan dalam data kepuasan yang bersifat subjektif. Penelitian (Firdaus et al., 2021) yang membandingkan Fuzzy C-Means dan K-Means untuk pemetaan daerah rawan kriminalitas menemukan bahwa Fuzzy C-Means menghasilkan nilai PCI sebesar 0,818 lebih tinggi dari Silhouette Index K-Means sebesar 0,569, yang membuktikan superioritas Fuzzy C-Means dalam menghasilkan pengelompokan berkualitas. Nilai PCI penelitian ini sebesar 0,799303 berada dalam rentang yang sebanding, mengkonfirmasi kualitas pengelompokan yang dihasilkan. (Nugroho et al., 2025) dan (Al Hafidz et al., 2025) dalam penelitian komparatif juga menemukan bahwa Fuzzy C-Means menghasilkan struktur cluster yang lebih stabil dan nilai validasi yang lebih tinggi dibandingkan K-Means, terutama pada data yang memiliki karakteristik tumpang tindih seperti data kepuasan masyarakat yang digunakan dalam penelitian ini.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada konteks dan pendekatan evaluasi. Penelitian (Wisanta & Marlim, 2021) yang sebelumnya dilakukan di MPP Pekanbaru menggunakan K-Means yang bersifat crisp sehingga setiap responden hanya dapat masuk ke satu cluster secara mutlak tanpa informasi tambahan tentang gradasi kepuasannya. Penelitian ini memperbaiki keterbatasan tersebut dengan menggunakan Fuzzy C-Means yang menghasilkan nilai derajat keanggotaan untuk setiap responden, sehingga mampu mengidentifikasi bahwa sebagian responden memiliki kecenderungan kepuasan yang berada di antara dua kelompok sekaligus. Sebagai contoh, terdapat responden dengan $U_{C1}=0,2388$ dan $U_{C2}=0,7612$ yang menunjukkan kecenderungan 76,12% ke Cluster 2 (Puas) dan 23,88% ke Cluster 1 (Sangat Puas) — informasi gradasi ini sama sekali tidak dapat diperoleh dari K-Means.

Berdasarkan temuan analisis per dimensi SERVQUAL dan penafsiran yang telah diuraikan, terdapat tiga prioritas perbaikan layanan MPP Pekanbaru yang direkomendasikan. Pertama, meningkatkan dimensi Responsiveness sebagai prioritas utama melalui pelatihan kesiapan petugas, penetapan standar waktu respons yang jelas terhadap pertanyaan dan pengaduan masyarakat, penambahan petugas pada jam-jam layanan sibuk, serta pembangunan sistem monitoring pengaduan yang lebih responsif. Kedua, meningkatkan dimensi Empathy yang memiliki nilai terendah kedua di Cluster 2 (Puas) sebesar 3,7882, melalui pelatihan komunikasi aktif dan penanaman budaya pelayanan yang berfokus pada pemahaman kebutuhan individu setiap pengguna layanan. Ketiga, meningkatkan kualitas fasilitas fisik (Tangibles) khususnya kenyamanan ruang tunggu dan kelengkapan loket antrian, meskipun dimensi ini memiliki selisih terkecil antar cluster (0,7608 poin) namun tetap menjadi dimensi terendah di Cluster 1 (Sangat Puas) dengan nilai 4,5913 sehingga masih memiliki ruang untuk peningkatan. Rekomendasi ini diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi



yang terukur bagi pengelola MPP Pekanbaru dalam menyusun program peningkatan kualitas layanan secara lebih terarah dan berbasis data.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menjawab rumusan masalah dengan menerapkan algoritma Fuzzy C-Means untuk mengelompokkan kepuasan masyarakat terhadap layanan MPP Pekanbaru berdasarkan lima dimensi SERVQUAL. Kedua tujuan penelitian tercapai: pertama, Fuzzy C-Means terbukti mampu mengelompokkan kepuasan masyarakat ke dalam dua cluster bermakna yaitu Sangat Puas dan Puas berdasarkan pola alami data yang ditemukan secara matematis melalui evaluasi Partition Coefficient Index (PCI); kedua, analisis per dimensi SERVQUAL berhasil mengidentifikasi Responsiveness sebagai dimensi yang paling perlu ditingkatkan karena memiliki selisih penilaian terbesar antara kedua kelompok kepuasan. Temuan ini menunjukkan bahwa secara umum masyarakat pengguna layanan MPP Pekanbaru sudah merasa puas, namun terdapat perbedaan gradasi kepuasan yang nyata antar kelompok terutama pada aspek kecepatan dan kesiapan petugas dalam merespons kebutuhan masyarakat. Keunggulan Fuzzy C-Means dalam menghasilkan derajat keanggotaan yang fleksibel memungkinkan teridentifikasinya perbedaan gradasi kepuasan yang tidak dapat dideteksi oleh metode clustering tegas seperti K-Means. Implikasi praktis dari penelitian ini adalah pengelola MPP Pekanbaru perlu memprioritaskan peningkatan dimensi Responsiveness melalui pelatihan kesiapan petugas dan penetapan standar waktu respons, diikuti peningkatan pada dimensi Empathy dan Tangibles. Secara metodologis, penelitian ini membuktikan bahwa Fuzzy C-Means efektif dan relevan untuk analisis kepuasan masyarakat yang bersifat multidimensi dan subjektif. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metrik evaluasi tambahan seperti Partition Entropy atau Xie-Beni Index serta memperluas cakupan data untuk memvalidasi hasil dari berbagai sudut pandang evaluasi.

REFERENCES

- Affifah, Z. N., Rohimah, N. S., & Putra, R. U. (2024). Analisis Kepuasan Masyarakat Terhadap Kehadiran Mal Pelayanan Publik (MPP) di Kota Bandung Analysis of Public Satisfaction with the Presence of Public Service Malls (MPP) in Bandung City. *Jurnal Administrasi Publik*, 16(c), 61–75. <https://doi.org/10.20473/jap.v16i1.59244>
- Al Hafidz, M., Ebrison, H., Baenudin, M., & Ridwan, M. (2025). Analisis Clustering Data Balita dengan Algoritma K-Means dan Fuzzy C-Means: Sebuah Studi Komparatif Menggunakan Silhouette Index. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, 13(2), 266–271. <https://doi.org/10.26418/justin.v13i2.82529>
- Belopa, J., Ramba, D., & Pundissing, R. (2023). Analisis Tingkat Kepuasan Masyarakat Terhadap Manajemen Pelayanan Publik Pada Kantor Lembang Sa'tandung Tana Toraja Juprianto. *MENAWAN: Jurnal Riset Dan Publikasi Ilmu Ekonomi*, 1(6), 68–80. <https://doi.org/10.61132/menawan.v1i6.69>
- Bezdek C., J. (1981). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. Plenum Press, New York. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4757-0452-5>
- Faturahman, R. D., & Hidayati, N. (2025). Implementasi Fuzzzy C-means Dalam Pengelompokan Tingkat Kemiskinan Pada Kabupaten/Kota Di Provinsi Jawa Tengah. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 10(1), 137–149. <https://doi.org/10.29100/jupi.v10i1.5747>
- Fawaz, & Handhayani, T. (2025). Perbandingan Fuzzy C-means Dan K-means Pada Klasterisasi Bawang Merah. *Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi (JIKSI)*, 13(2), 1. <https://doi.org/10.24912/jiksi.v13i2.35141>
- Firdaus, H. S., Nugraha, A. L., Sasmito, B., Awaluddin, M., & Nanda, C. A. (2021). Perbandingan Metode Fuzzy C-Means Dan K-Means Untuk Pemetaan Daerah Rawan Kriminalitas Di Kota Semarang. *Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 04(01), 58–64. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.v4i1.9219>
- Indah, S., N, H., S, S., & Widiarti. (2022). Analisis Klaster Menggunakan Metode Fuzzy C-Means pada Data COVID-19 di Provinsi Lampung. *Sn-Smiap-Vi*, 6, 66–73. <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/42389>
- Mustikasari, M., Hanim, W., Mardiana, S., Haryadi, Y., & Nurrahman, A. (2023). Analisis Kepuasan Mustahik Terhadap Pelayanan Badan Zakat Nasional (BAZNAS) Kota Bandung. *Jurnal Ilmu Multidisiplin (JIM)*, 2(2), 179–192. <https://doi.org/10.38035/jim.v2i2.314>
- Mutiara sari, A., & Ghufron. (2025). Penerapan Sistem Informasi Geografis Terhadap Daerah Rawan Kriminalitas Dengan Metode Fuzzy C-Means. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 10(4). <https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365>
- Ningrum, N. A., & Syaputra, M. A. (2022). Penerapan Metode Fuzzy C-means Untuk Penentuan Kompetensi Mahasiswa Di Stmik Dharmawacana Metro. *Journal Computer Science and Information Systems : J-Cosys*, 2(1), 19–25. <https://doi.org/10.53514/jc.v2i1.289>
- Novetu, J. R., & Rahman, A. Z. (2023). Analisis Kepuasan Masyarakat Mal Pelayanan Publik Melalui Importance Performance Analysis DI Kabupaten Rembang. *Nova Idea: Jurnal Geodesi Undip*, 32(3), 167–186. https://doi.org/10.14710/nova_idea.49617
- Nugraha, G. S., Dwiyanaputra, R., Bimantoro, F., & Aranta, A. (2023). Implementasi Fuzzy C-Means untuk Pengelompokan Daerah Berdasarkan Persebaran Penularan Covid-19. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTik)*, 10(1), 97–104. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2023105796>



- Nugroho, A., Utami, P. Y., & Surya, R. S. (2025). Perbandingan Algoritma K-Means Dan Fuzzy C-Means Untuk Pengelompokan Daerah Produktivitas Tanaman Padi Kalimantan Barat Aryo. *Journal Iof Innovative and Creativity*, 5(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/joecy.v5i2.2550>
- Nurdin, Putri, U. M., Aidilof, H. A.-K., & Bustami. (2022). Implementasi Fuzzy C-Means Menentukan Tingkat Kepuasan Mahasiswa Dalam Pembelajaran Online. *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi*, 11(1), 121. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v11i1.1638>
- Ramadhan, A., Purwanti, T., & Dwisnu, E. (2026). Tingkat Kepuasan Masyarakat Terhadap Kualitas Pelayanan Administrasi Kependudukan Di Kelurahan Penggantungan. *Jurnal STIA Bengkulu*, 12(25), 141–152. <https://doi.org/https://doi.org/10.56135/jsb.v12i1.301>
- Rosmiati, N., Septiana, T., & Rachmadio, R. E. (2024). Analisis Kepuasan Masyarakat Terhadap Pelayanan Publik Berdasarkan Indeks Kepuasan Masyarakat di Kantor Kecamatan Leuwiliang Kabupaten Bogor. *Journal of Human And Education (JAHE)*, 1(2), 13–22. <https://doi.org/10.48093/jiask.v1i2.8>
- Supawanhar, Putri, S., & Febriansah, R. R. (2024). Pengukuran Indeks Kepuasan Masyarakat Perizinan E-Mall Pelayanan Publik (MPP) Kota Bengkulu. *Journal of Governance and Public Administration (JoGaPA)*, 1(4), 563–578. <https://doi.org/https://doi.org/10.70248/jogapa.v1i4.1237>
- Telaumbanua, S. A. B., Setiadi, F., & Nurjanah, S. (2025). Analisis Clustering Menggunakan Metode Enhanced Fuzzy C-Means Clustering Dengan Algoritma Rock Pada Student Performance Dataset. *Bit-Tech (Binary Digital - Technology)*, 7(3), 984–994. <https://doi.org/10.32877/bt.v7i3.2287>
- Wisanta, E. H., & Marlim, Y. N. (2021). Analisis Algoritma K-Means Untuk Clustering Kepuasan Pelayanan : Mall Pelayanan Publik Pekanbaru. *Seminar Nasional Informatika (SENATIKA)*. <https://www.ejournal.pelitaindonesia.ac.id/index.php/SENATIKA/article/view/1160>
- Zein, J. R., Ramdhan, W., & Sahren. (2024). Penerapan Metode Servqual Dalam Meningkatkan Kualitas Kinerja Pelayanan Publik Pada Kantor Urusan Agama Kecamatan Kawang Panca Arga. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 9(4), 2459–2472. <https://doi.org/10.29100/jipi.v9i4.6254>