

Clustering Data Kejadian Kebakaran di Jakarta Menggunakan Algoritma K-Means untuk Identifikasi Daerah Rawan

Yudistira Pratama¹, Firmansyah^{2*}, Dicky Risdyanto³, Hendra Supendar⁴, Riza Fahlap⁵

^{1,2,3,4,5}Teknik Informatika, Teknologi Informasi, Universitas Bina Sarana Informatika, Jakarta, Indonesia
Email: ¹yudistirapratamaa@gmail.com, ^{2*}muhammedfirmansyah02@email.com, ³risdiyantodicky@gmail.com,
⁴Hendra.hds@bsi.ac.id, ⁵riza.rzf@bsi.ac.id

(*Email Corresponding Author: muhammedfirmansyah02@email.com)

Received: 17 Juni 2026 | Revision: 17 Juni 2026 | Accepted: 21 Juni 2026

Abstrak

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di wilayah perkotaan dan berpotensi menimbulkan kerugian material, korban jiwa, serta gangguan terhadap aktivitas masyarakat. Tingginya kepadatan penduduk dan kompleksitas lingkungan perkotaan di Provinsi DKI Jakarta menyebabkan tingkat kerawanan kebakaran berbeda pada setiap wilayah, sehingga diperlukan identifikasi daerah rawan sebagai dasar penyusunan strategi mitigasi yang lebih tepat sasaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan 44 kecamatan di Provinsi DKI Jakarta berdasarkan karakteristik kejadian kebakaran menggunakan algoritma K-Means Clustering. Variabel yang digunakan meliputi total frekuensi kejadian kebakaran, rata-rata kepadatan penduduk, total jumlah penduduk, dan rata-rata jumlah sosialisasi pencegahan kebakaran. Data diproses melalui tahapan Knowledge Discovery in Database (KDD), yang meliputi seleksi data, preprocessing, normalisasi menggunakan metode Z-Score, proses clustering menggunakan algoritma K-Means, serta evaluasi hasil menggunakan Silhouette Coefficient. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah kluster optimal diperoleh pada $k=5$ dengan nilai silhouette sebesar 0,347. Pengelompokan menghasilkan lima kluster dengan karakteristik yang berbeda secara signifikan berdasarkan hasil uji ANOVA dan chi-square. Kluster C3 yang terdiri dari Kecamatan Cengkareng, Kalideres, dan Cakung teridentifikasi sebagai wilayah dengan tingkat kerawanan kebakaran tertinggi karena memiliki frekuensi kejadian kebakaran dan jumlah penduduk terbesar dibandingkan kluster lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma K-Means mampu mengidentifikasi pola kerawanan kebakaran secara objektif dan dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam penyusunan program mitigasi dan pencegahan kebakaran berbasis wilayah di Provinsi DKI Jakarta.

Kata Kunci: K-Means Clustering; Data Mining; Kebakaran; Daerah Rawan Kebakaran; Mitigasi Bencana; DKI Jakarta

Abstract

Fire incidents are among the most frequent urban disasters and may cause substantial material losses, casualties, and disruptions to community activities. The high population density and complex urban environment of the Special Capital Region of Jakarta (DKI Jakarta) result in varying levels of fire vulnerability across districts, making the identification of fire-prone areas essential for developing effective mitigation strategies. This study aims to classify 44 districts in DKI Jakarta based on fire incident characteristics using the K-Means Clustering algorithm. The variables used include total fire incident frequency, average population density, total population, and average number of fire prevention outreach activities. The data were processed through the Knowledge Discovery in Database (KDD) framework, including data selection, preprocessing, Z-Score normalization, clustering using the K-Means algorithm, and cluster evaluation using the Silhouette Coefficient. The results indicate that the optimal number of clusters was achieved at $k=5$ with a silhouette coefficient value of 0.347. The clustering process produced five distinct groups with statistically significant differences based on ANOVA and chi-square tests. Cluster C3, consisting of Cengkareng, Kalideres, and Cakung districts, was identified as the most fire-prone group due to its highest fire incident frequency and population size. The findings demonstrate that the K-Means algorithm can effectively identify fire vulnerability patterns and provide valuable information for supporting decision-making in area-based fire prevention and mitigation programs in DKI Jakarta.

Keywords: K-Means Clustering; Data Mining; Fire Incidents; Fire-Prone Areas; Disaster Mitigation; DKI Jakarta

1. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di wilayah perkotaan dan menimbulkan dampak yang sangat besar terhadap kehidupan masyarakat[1]. Selain menyebabkan kerugian material berupa kerusakan bangunan, fasilitas umum, dan infrastruktur, kebakaran juga dapat mengakibatkan korban jiwa, gangguan aktivitas ekonomi, serta menurunkan kualitas lingkungan hidup[2], [3]. Tingginya risiko kebakaran pada wilayah perkotaan umumnya dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kepadatan penduduk, kondisi permukiman yang padat, penggunaan instalasi listrik yang tidak sesuai standar, rendahnya tingkat kesadaran masyarakat terhadap bahaya kebakaran, serta terbatasnya akses kendaraan pemadam kebakaran menuju lokasi kejadian. Kondisi tersebut menjadikan kebakaran sebagai salah satu

bencana yang memerlukan perhatian serius dari pemerintah dan masyarakat dalam upaya mitigasi maupun penanggulangannya[4], [5].

Provinsi DKI Jakarta sebagai pusat pemerintahan dan kegiatan ekonomi nasional memiliki tingkat kepadatan penduduk yang sangat tinggi dibandingkan wilayah lain di Indonesia[6], [7]. Tingginya aktivitas masyarakat dan padatnya kawasan permukiman menyebabkan potensi terjadinya kebakaran semakin besar dari tahun ke tahun. Berdasarkan berbagai laporan kejadian kebakaran yang terjadi di DKI Jakarta, sejumlah wilayah menunjukkan frekuensi kejadian yang relatif tinggi dan berulang. Namun demikian, tingkat kerawanan kebakaran pada setiap kecamatan tidaklah sama. Beberapa wilayah memiliki tingkat kejadian kebakaran yang tinggi akibat kepadatan penduduk dan jumlah penduduk yang besar, sementara wilayah lainnya memiliki tingkat kejadian yang lebih rendah karena kondisi lingkungan yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang mampu mengidentifikasi dan mengelompokkan wilayah berdasarkan karakteristik kejadian kebakaran sehingga dapat diketahui daerah-daerah yang memiliki tingkat kerawanan tinggi dan memerlukan prioritas penanganan.

Identifikasi daerah rawan kebakaran menjadi langkah penting dalam mendukung proses pengambilan keputusan pemerintah daerah, khususnya dalam penyusunan kebijakan mitigasi bencana[8]. Informasi mengenai tingkat kerawanan suatu wilayah dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas pembangunan sarana dan prasarana pemadam kebakaran, penyediaan hidran, pelaksanaan program sosialisasi pencegahan kebakaran, serta penempatan sumber daya yang lebih efektif dan efisien[9]. Tanpa adanya pemetaan tingkat kerawanan yang jelas, program pencegahan kebakaran berpotensi dilakukan secara merata tanpa mempertimbangkan tingkat risiko yang berbeda pada setiap wilayah. Akibatnya, alokasi sumber daya yang tersedia menjadi kurang optimal dan tidak tepat sasaran[10].

Perkembangan teknologi informasi dan ilmu pengetahuan saat ini memungkinkan pemanfaatan data dalam jumlah besar untuk menghasilkan informasi yang lebih bermanfaat melalui pendekatan data mining. Data mining merupakan proses menggali pola, hubungan, atau informasi tersembunyi dari sekumpulan data yang besar sehingga dapat digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan. Salah satu teknik yang banyak digunakan dalam data mining adalah clustering atau pengelompokan data. Clustering termasuk metode unsupervised learning yang bertujuan mengelompokkan objek berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik yang dimiliki. Objek yang memiliki karakteristik serupa akan ditempatkan dalam kelompok yang sama, sedangkan objek yang berbeda akan berada pada kelompok yang berbeda. Dengan demikian, teknik clustering dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola persebaran kejadian kebakaran berdasarkan karakteristik wilayah tertentu.

Salah satu algoritma clustering yang paling populer dan banyak digunakan adalah K-Means. Algoritma ini bekerja dengan membagi data ke dalam sejumlah kelompok berdasarkan kedekatan jarak terhadap pusat cluster (centroid)[11]. K-Means memiliki beberapa keunggulan, antara lain proses komputasi yang relatif cepat, mudah diimplementasikan, serta mampu menghasilkan pengelompokan yang cukup baik pada data numerik[12]. Oleh karena itu, algoritma K-Means telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang penelitian, termasuk pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat risiko bencana.

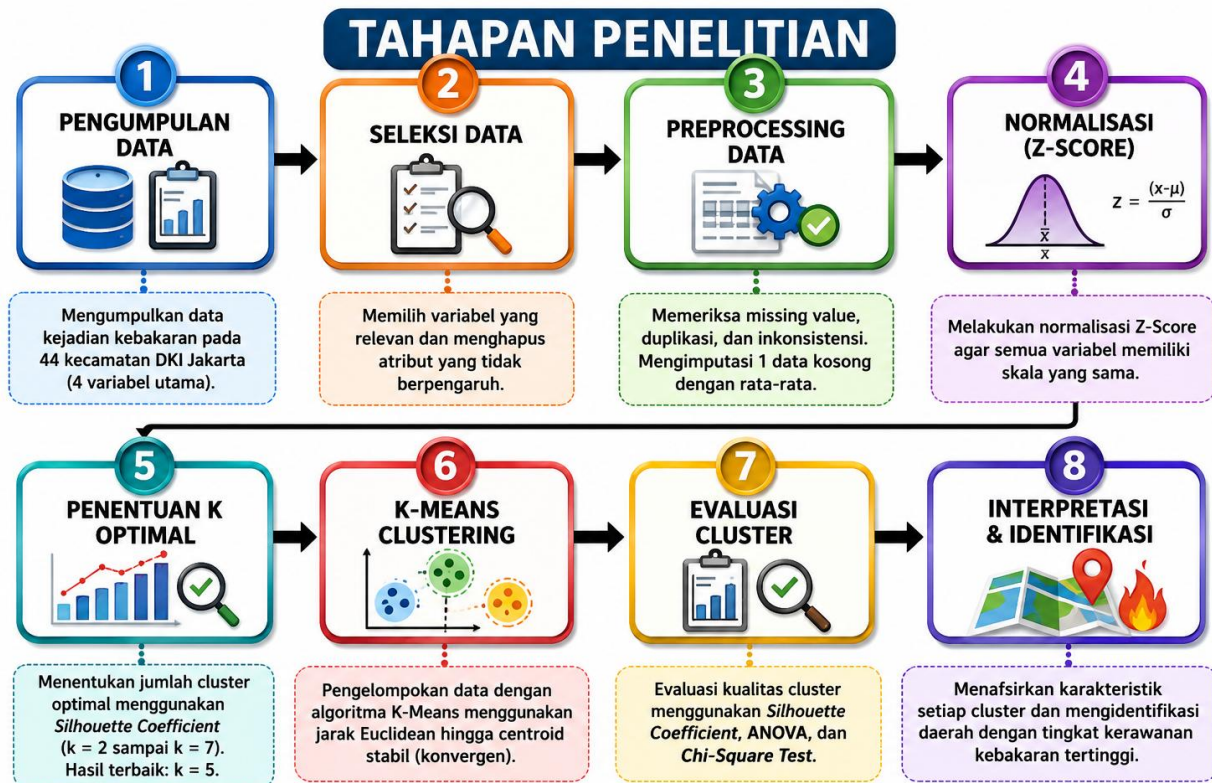
Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas algoritma K-Means dalam melakukan pengelompokan data kebencanaan. Penelitian yang dilakukan oleh Dhewayani dkk[13]. berhasil menerapkan algoritma K-Means dengan pendekatan CRISP-DM untuk mengelompokkan daerah rawan bencana kebakaran sehingga menghasilkan kelompok wilayah dengan tingkat risiko yang berbeda. Penelitian lain oleh Jatmiko dkk[14]. menggunakan metode K-Means untuk mengelompokkan kejadian kebakaran di Kota Samarinda dan menunjukkan bahwa algoritma tersebut mampu mengidentifikasi wilayah dengan tingkat kejadian kebakaran yang tinggi. Selain itu, Wicaksono dan Susetyo memanfaatkan algoritma K-Means untuk melakukan zonasi daerah rawan bencana alam di Provinsi Sumatera Barat[15]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode clustering dapat digunakan sebagai alat bantu dalam menentukan prioritas penanganan wilayah berdasarkan tingkat risiko yang dimiliki.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada frekuensi kejadian kebakaran sebagai variabel utama dalam proses pengelompokan. Padahal, tingkat kerawanan suatu wilayah tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah kejadian kebakaran, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor kerentanan seperti kepadatan penduduk dan jumlah penduduk yang berpotensi meningkatkan dampak kebakaran ketika terjadi. Selain itu, faktor mitigasi berupa kegiatan sosialisasi pencegahan kebakaran juga perlu dipertimbangkan karena dapat mencerminkan upaya pemerintah dalam mengurangi risiko kebakaran di suatu wilayah. Dengan demikian, diperlukan penelitian yang mengintegrasikan faktor bahaya, kerentanan, dan mitigasi secara bersamaan agar menghasilkan pengelompokan wilayah yang lebih komprehensif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan 44 kecamatan di Provinsi DKI Jakarta menggunakan algoritma K-Means berdasarkan empat variabel utama, yaitu total frekuensi kejadian kebakaran, rata-rata kepadatan penduduk, total jumlah penduduk, dan rata-rata jumlah sosialisasi pencegahan kebakaran. Proses clustering dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik masing-masing kelompok wilayah serta menentukan kecamatan yang memiliki tingkat kerawanan kebakaran paling tinggi. Selain itu, penelitian ini juga melakukan evaluasi kualitas cluster menggunakan metode Silhouette Coefficient guna memperoleh jumlah cluster yang optimal. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pemerintah daerah, Dinas Penanggulangan Kebakaran dan

Penyelamatan DKI Jakarta, serta pihak terkait lainnya dalam menyusun strategi mitigasi kebakaran yang lebih tepat sasaran, efektif, dan berbasis data..

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gamabr 1. Tahapan Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Tahap pertama adalah pengumpulan data kejadian kebakaran pada 44 kecamatan di Provinsi DKI Jakarta. Dataset yang digunakan terdiri dari empat variabel utama yaitu total frekuensi kejadian kebakaran, rata-rata kepadatan penduduk, total jumlah penduduk, dan rata-rata jumlah sosialisasi pencegahan kebakaran. Variabel tersebut dipilih karena dianggap mewakili faktor bahaya, kerentanan, dan upaya mitigasi kebakaran.

2.2 Seleksi Data

Pada tahap ini dilakukan pemilihan atribut yang relevan untuk proses clustering. Data yang tidak berkaitan dengan tujuan penelitian dihilangkan sehingga hanya tersisa variabel yang memiliki pengaruh terhadap tingkat kerawanan kebakaran. Seleksi data bertujuan untuk meningkatkan kualitas analisis dan mengurangi noise pada dataset.

2.3 Preprocessing Data

Tahap preprocessing dilakukan untuk memastikan kualitas data yang digunakan. Proses ini meliputi pemeriksaan data kosong (missing value), inkonsistensi data, dan duplikasi data. Hasil pemeriksaan menunjukkan terdapat satu nilai yang hilang pada variabel jumlah sosialisasi sehingga dilakukan imputasi menggunakan nilai rata-rata atribut tersebut.

2.4 Normalisasi Data

Karena setiap variabel memiliki skala yang berbeda, maka dilakukan normalisasi menggunakan metode Z-Score. Normalisasi bertujuan agar seluruh variabel memiliki kontribusi yang seimbang dalam proses perhitungan jarak pada algoritma K-Means. Persamaan normalisasi yang digunakan adalah:

$$z = \frac{x-\mu}{\sigma} \quad (1)$$

dengan:

- x = nilai data asli
- μ = rata-rata data
- σ = standar deviasi
- z = nilai hasil normalisasi

2.5 Penentuan Jumlah Cluster Optimal

Sebelum proses clustering dilakukan, jumlah cluster terbaik ditentukan menggunakan metode Silhouette Coefficient. Pengujian dilakukan pada rentang nilai $k = 2$ sampai $k = 7$. Nilai silhouette tertinggi dipilih sebagai jumlah cluster optimal karena menunjukkan kualitas pemisahan cluster yang paling baik. Hasil penelitian menunjukkan nilai silhouette tertinggi sebesar 0,347 diperoleh pada $k = 5$.

2.6 Proses K-Means Clustering

Pada tahap ini dilakukan pengelompokan data menggunakan algoritma K-Means. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

- Menentukan jumlah cluster (k).
- Menentukan centroid awal.
- Menghitung jarak data ke centroid menggunakan Euclidean Distance.
- Menempatkan data ke cluster terdekat.
- Menghitung centroid baru.
- Mengulangi proses hingga centroid stabil.

Perhitungan jarak menggunakan Euclidean Distance:

$$d(x_i, c_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - c_{jk})^2} \quad (2)$$

2.7 Evaluasi Hasil Clustering

Evaluasi dilakukan menggunakan Silhouette Coefficient untuk mengukur kualitas cluster yang terbentuk. Selain itu dilakukan uji ANOVA dan Chi-Square untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antar cluster yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan cluster yang terbentuk memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik.

2.8 Interpretasi dan Identifikasi Daerah Rawan

Tahap terakhir adalah menganalisis karakteristik masing-masing cluster untuk menentukan tingkat kerawanan kebakaran. Cluster dengan frekuensi kebakaran tinggi dan jumlah penduduk besar dikategorikan sebagai wilayah rawan kebakaran. Hasil interpretasi menunjukkan Cluster C3 yang terdiri dari Kecamatan Cengkareng, Kalideres, dan Cakung merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan kebakaran tertinggi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Statistik Deskriptif Data

Analisis diawali dengan pemaparan statistik deskriptif untuk memahami sebaran data pada masing-masing variabel. Tabel 2 menyajikan nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan simpangan baku dari keempat variabel pada 44 kecamatan. Terlihat bahwa frekuensi kejadian kebakaran sangat bervariasi, mulai dari 14 kejadian hingga 170 kejadian dengan rata-rata sekitar 82 kejadian per kecamatan. Variasi yang besar juga tampak pada jumlah penduduk dan kepadatan penduduk, yang mengindikasikan adanya perbedaan karakteristik wilayah yang cukup tajam dan memperkuat alasan dilakukannya pengelompokan.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian ($n = 44$)

Variabel	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Std. Deviasi
Total_Frekuensi	14	170	82,39	35,07
Rata_Kepadatan_Penduduk	12.196	64.358	25.594	13.411
Total_Jumlah_Penduduk	333.520	10.066.508	2.668.456	2.059.494
Rata_Jumlah_Sosialisasi	4,46	18,85	9,81	2,97

3.2. Penentuan Jumlah Kluster Optimal

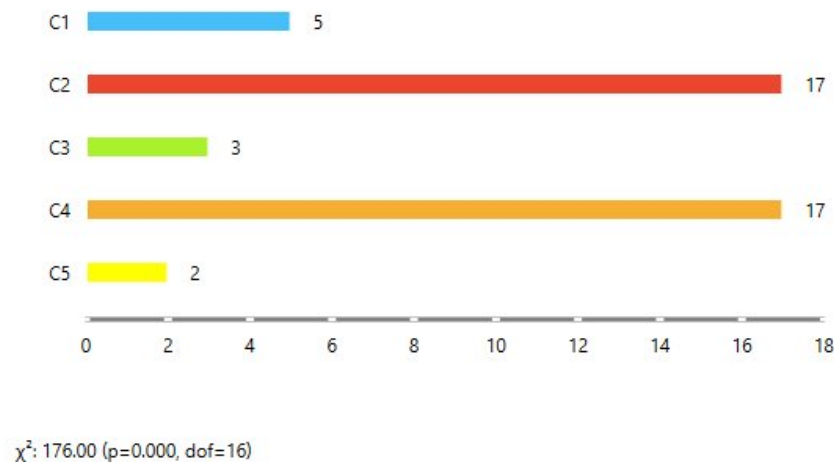
Penentuan jumlah kluster optimal dilakukan dengan menguji nilai k dari 2 hingga 7 dan menghitung rata-rata koefisien silhouette untuk setiap konfigurasi. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 3. Nilai koefisien silhouette tertinggi diperoleh pada k=5, yaitu sebesar 0,347, sehingga jumlah kluster sebanyak lima kelompok dipilih sebagai konfigurasi terbaik untuk membentuk struktur kluster yang paling padat dan terpisah dengan baik. Penetapan k=5 ini selanjutnya digunakan pada seluruh proses clustering.

Tabel 3. Nilai Koefisien Silhouette untuk Berbagai Jumlah Kluster

Jumlah Kluster (k)	Koefisien Silhouette
2	0,308
3	0,339
4	0,324
5 (terpilih)	0,347
6	0,271
7	0,302

3.3. Hasil Pengelompokan dan Distribusi Kluster

Dengan menggunakan nilai k = 5, algoritma K-Means berhasil membentuk lima kluster yang diberi label C1 hingga C5. Distribusi jumlah anggota pada masing-masing kluster ditunjukkan pada Gambar 1. Kluster C2 dan C4 merupakan kelompok dengan jumlah anggota terbanyak, masing-masing terdiri dari 17 kecamatan. Selanjutnya, kluster C1 terdiri dari 5 kecamatan, kluster C3 terdiri dari 3 kecamatan, dan kluster C5 terdiri dari 2 kecamatan. Perbedaan distribusi anggota antar kluster menunjukkan adanya variasi karakteristik kejadian kebakaran, kepadatan penduduk, jumlah penduduk, dan intensitas sosialisasi pada setiap kelompok wilayah.



Gambar 2. Distribusi Jumlah Kecamatan pada Setiap Kluster Hasil K-Means Clustering

3.4. Karakteristik dan Profil Tiap Kluster

Untuk menafsirkan makna setiap kluster, dihitung nilai rata-rata keempat variabel pada masing-masing kelompok sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Profil ini menjadi dasar untuk menilai tingkat kerawanan kebakaran tiap kluster, dengan mempertimbangkan tidak hanya frekuensi kejadian, tetapi juga faktor kerentanan berupa kepadatan dan jumlah penduduk serta intensitas sosialisasi.

Tabel 4. Profil Rata-rata Variabel pada Setiap Kluster

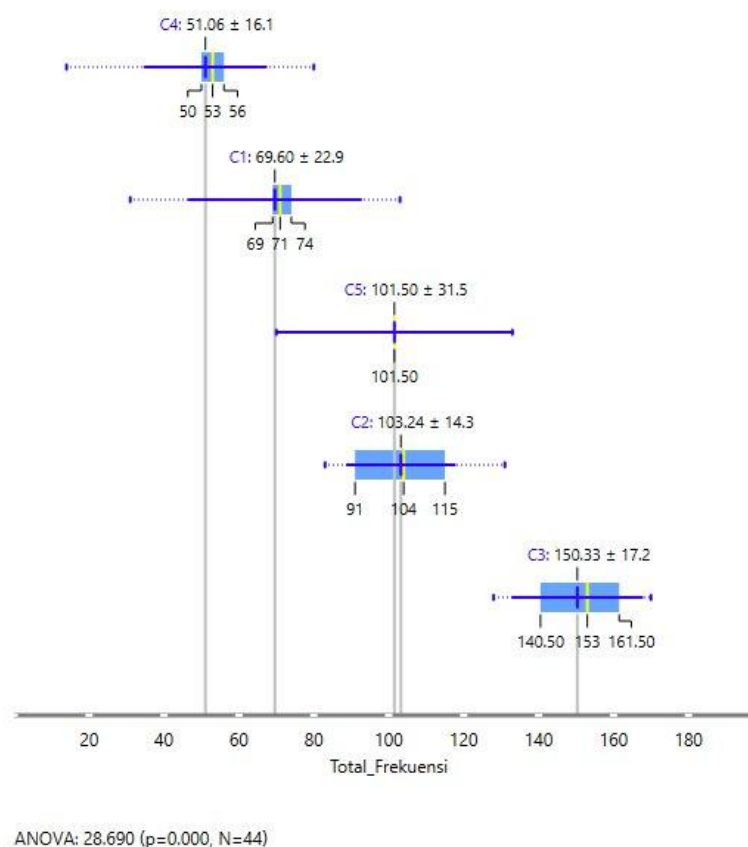
Kluster	Jml	Frekuensi Kebakaran	Kepadatan Penduduk	Jumlah Penduduk	Sosialisasi
C1	5	69,60	56.148,69	1.754.243	11,98
C2	17	103,24	18.914,77	3.227.282	9,21

C3	3	150,33	18.360,73	8.686.810	11,16
C4	17	51,06	24.053,88	1.278.967	8,48
C5	2	101,50	29.928,75	2.987.099	18,21

Berdasarkan Tabel 4, karakteristik masing-masing klaster dapat dijelaskan sebagai berikut. Klaster C1 memiliki kepadatan penduduk yang sangat tinggi (rata-rata 56.149 jiwa/km², tertinggi di antara seluruh klaster) meskipun frekuensi kebakarannya tergolong sedang; kerawanan kelompok ini lebih ditentukan oleh kepadatan permukiman yang ekstrem. Klaster C2 mencakup kelompok kecamatan dengan frekuensi kebakaran tinggi (rata-rata 103 kejadian) dan jumlah penduduk yang cukup besar, dengan intensitas sosialisasi yang relatif rendah. Klaster C3 menonjol dengan frekuensi kebakaran tertinggi (rata-rata 150 kejadian) sekaligus jumlah penduduk terbesar (rata-rata 8,69 juta jiwa), sehingga merupakan kelompok dengan tingkat kerawanan paling tinggi. Klaster C4 merupakan kelompok dengan frekuensi kebakaran terendah (rata-rata 51 kejadian) dan jumlah penduduk paling sedikit, mencerminkan wilayah dengan tingkat kerawanan rendah. Adapun klaster C5 memiliki ciri khas berupa intensitas sosialisasi tertinggi (rata-rata 18,21 kegiatan), namun frekuensi kebakarannya tetap tergolong tinggi, yang mengindikasikan bahwa sosialisasi yang intensif belum tentu serta-merta menurunkan jumlah kejadian apabila tidak diiringi faktor pendukung lainnya.

3.5. Sebaran Frekuensi Kebakaran Antarklaster

Perbedaan tingkat kerawanan antarklaster dapat diamati lebih jelas melalui sebaran variabel frekuensi kebakaran pada Gambar 2. Tampak adanya gradasi yang teratur, mulai dari klaster C4 dengan median terendah hingga klaster C3 dengan median tertinggi. Uji ANOVA terhadap variabel frekuensi kebakaran menghasilkan nilai $F=28,690$ ($p<0,001$; $N=44$), yang menegaskan bahwa rata-rata frekuensi kebakaran antarklaster berbeda secara signifikan. Hasil ini memperkuat validitas pengelompokan yang terbentuk, sekaligus menunjukkan bahwa variabel frekuensi kebakaran menjadi pembeda utama antarklaster.



Gambar 3. Sebaran (Box Plot) Frekuensi Kebakaran pada Setiap Klaster

3.6. Identifikasi Daerah Rawan Kebakaran

Berdasarkan profil pada Tabel 4 dan sebaran pada Gambar 2, kelima klaster dapat diurutkan menurut tingkat kerawanan kebakaran menjadi empat kategori. Klaster C3 dikategorikan sebagai daerah dengan kerawanan sangat tinggi, klaster C2 dan C5 sebagai kerawanan tinggi, klaster C1 sebagai kerawanan sedang dengan catatan kepadatan penduduk ekstrem, dan klaster C4 sebagai kerawanan rendah. Pemetaan kategori beserta kecamatan anggotanya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori Kerawanan dan Anggota Tiap Klaster

Klaster	Kategori Kerawanan	Kecamatan Anggota (frekuensi kebakaran)
C3	Sangat Tinggi	Cengkareng (170), Kalideres (153), Cakung (128)
C2	Tinggi	Kembangan (131), Cilandak (124), Penjaringan (121), Jagakarsa (117), Duren Sawit (115), Kebayoran Baru (111), Grogol Petamburan (105), Kebayoran Lama (105), Pasar Minggu (104), Cilincing (101), Pulogadung (93), Tebet (92), Kemayoran (91), Tanjung Priok (89), Ciracas (89), Pesanggrahan (84), Cipayung (83)
C5	Tinggi	Kebon Jeruk (133), Kelapa Gading (70)
C1	Sedang (kepadatan ekstrem)	Tambora (103), Taman Sari (74), Kramat Jati (71), Palmerah (69), Johar Baru (31)
C4	Rendah	Tanah Abang (80), Menteng (69), Jatinegara (67), Setiabudi (63), Mampang Prapatan (56), Koja (56), Gambir (56), Makasar (55), Pancoran (53), Senen (52), Sawah Besar (51), Pasar Rebo (50), Matraman (50), Pademangan (42), Cempaka Putih (36), Kepulauan Seribu Utara (18), Kepulauan Seribu Selatan (14)

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa Kecamatan Cengkareng, Kalideres, dan Cakung (klaster C3) merupakan prioritas utama penanganan karena memiliki frekuensi kebakaran tertinggi sekaligus populasi terbesar, sehingga potensi dampaknya paling besar. Ketiga kecamatan ini berada di wilayah Jakarta Barat dan Jakarta Timur yang dikenal padat dan luas. Kelompok berikutnya yang perlu diperhatikan adalah klaster C2 yang beranggotakan 17 kecamatan dengan frekuensi kebakaran tinggi serta klaster C5 yang, meskipun jumlah sosialisasinya tinggi, masih mencatat frekuensi kebakaran yang tinggi pula. Temuan pada klaster C1 menarik untuk dicermati karena meskipun frekuensi kebakarannya hanya sedang, kepadatan penduduknya sangat tinggi sehingga risiko penjarangan api antarbangunan menjadi besar; hal ini sejalan dengan kajian terdahulu yang menempatkan kawasan padat seperti Tambora sebagai daerah dengan tingkat kerawanan kebakaran yang tinggi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat temuan studi pendamping pada level kelurahan yang menempatkan jumlah penduduk dan frekuensi sosialisasi sebagai faktor berpengaruh terhadap kerawanan kebakaran di DKI Jakarta. Perbedaan tingkat kerawanan yang signifikan antarklaster, sebagaimana dibuktikan oleh uji ANOVA dan chi-square, menunjukkan bahwa pendekatan clustering dengan K-Means mampu memilah wilayah berdasarkan karakteristik kebakaran secara objektif. Dengan demikian, pemerintah daerah dan dinas pemadam kebakaran dapat memanfaatkan hasil pengelompokan ini untuk menyusun strategi mitigasi yang berbeda pada tiap kategori, misalnya penambahan pos pemadam dan hidran pada klaster C3, intensifikasi pengawasan instalasi listrik pada kawasan padat klaster C1, serta evaluasi efektivitas program sosialisasi pada klaster C5.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengelompokkan 44 kecamatan di Provinsi DKI Jakarta berdasarkan karakteristik kejadian kebakaran menggunakan algoritma K-Means dengan empat variabel, yaitu total frekuensi kebakaran, rata-rata kepadatan penduduk, total jumlah penduduk, dan rata-rata jumlah sosialisasi pencegahan kebakaran. Berdasarkan evaluasi menggunakan Silhouette Coefficient, diperoleh jumlah klaster optimal sebanyak lima klaster ($k=5$) dengan nilai silhouette sebesar 0,347. Hasil pengelompokan menunjukkan adanya perbedaan karakteristik yang signifikan antar klaster, yang didukung oleh hasil uji ANOVA dan chi-square. Klaster C3 yang terdiri dari Kecamatan Cengkareng, Kalideres, dan Cakung teridentifikasi sebagai wilayah dengan tingkat kerawanan kebakaran tertinggi karena memiliki frekuensi kejadian kebakaran dan jumlah penduduk yang paling besar dibandingkan klaster lainnya. Sementara itu, klaster C4 merupakan kelompok dengan tingkat kerawanan terendah. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan algoritma K-Means mampu mengidentifikasi pola kerawanan kebakaran secara objektif dan dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam

penyusunan kebijakan mitigasi, penentuan prioritas wilayah penanganan, serta optimalisasi program pencegahan kebakaran berbasis wilayah di Provinsi DKI Jakarta.

REFERENSI

- [1] Daniel Christianto, Yenny Untari, Sunarjo Leman, Gratia Ferrara Vici, Vicky Eldora Wuisan, and Nikita Audrian, "Penyuluhan Antisipasi Kebakaran Pada Bangunan Beton," *J. Serina Abdimas*, vol. 1, no. 3, pp. 1258–1265, 2023, doi: 10.24912/jsa.v1i3.26189.
- [2] J. Pepadu, S. Murtiadi, D. S. Agustawijaya, A. Akmaluddin, N. Ngudiyono, and N. N. Kencanawati, "Pelatihan Rekayasa Bangunan Dan Jalur Evakuasi Menghadapi Bahaya Kebakaran Untuk Praktisi Muda Di Kota Mataram," *J. Pepadu*, vol. 4, no. 2, pp. 229–237, 2023, doi: 10.29303/pepadu.v4i2.2291.
- [3] D. Trifianingsih, D. M. Agustina, and E. Tara, "KESIAPSIAGAAN MASYARAKAT DALAM MENGHADAPI BENCANA KEBAKARAN DI KOTA BANJARMASIN (Community Preparedness to Prevent Fire Disaster in the City of Banjarmasin)," *J. Keperawatan Suaka Insa.*, vol. 7, no. 1, pp. 7–11, 2022, doi: 10.51143/jksi.v7i1.301.
- [4] R. A. I. Saragih and F. Lestari, "Kerentanan Kebakaran Daerah Perkotaan: Analisis Risiko Dan Pemetaan Di Jakarta Timur, Indonesia," *J. Kesehat. Tambusai*, vol. 4, no. 2, pp. 1974–1981, 2023, doi: 10.31004/jkt.v4i2.15311.
- [5] Z. P. P. Regina *et al.*, "Dinamika Kesiapsiagaan Masyarakat dalam Menghadapi Bencana Kebakaran: Perspektif Edukasi dan Literasi Bencana," *J. Ilmu Adm. Negara*, vol. 23, no. 1, pp. 63–74, 2026.
- [6] M. Q. A. Ta'ani *et al.*, "Pengaruh Tingkat Kepadatan Penduduk Terhadap Densitas Bangunan Menggunakan Transformasi Digital Urban Index di Wilayah Urban DKI Jakarta," in *Prosiding Seminar Nasional FISIP UNNES*, 2023, pp. 208–219. [Online]. Available: <https://proceeding.unnes.ac.id/psnf/article/view/3061/2524>
- [7] V. Carolin and E. Kurniati, "Tantangan Pembangunan Perkotaan Terhadap Urbanisasi, Kemacetan Di Jakarta: Analisis Permasalahan Dan Solusi," *J. Ilmu Ekon.*, vol. 4, no. 1, pp. 252–273, 2025, doi: 10.59827/jie.v4i1.222.
- [8] B. Irawan, S. Sarkani, and K. Indarto, "Mitigasi Bencana Kebakaran Kawasan Perkotaan," *J. Kebijak. Publik*, vol. 14, no. 4, p. 476, 2023, doi: 10.31258/jkp.v14i4.8312.
- [9] F. B. Simbolon, U. Harmain, and A. Sinurat, "Analisis Kebutuhan Sarana Dan Prasarana Pemadam Kebakaran Di Kabupaten Samosir," *J. Reg. Plan.*, vol. 6, no. 2, pp. 77–84, 2024, doi: 10.36985/8gy3z150.
- [10] I. M. Nuha, "Pengelolaan Kebakaran Hutan dan Lahan Sumatera Selatan: Analisis Kerawanan dan Lokasi Optimal Pemadam Kebakaran," *Indones. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 105–124, 2025, [Online]. Available: <https://ejournal.upi.edu/index.php/IJGIS/article/view/77324>
- [11] M. Norshahlan, H. Jaya, and R. Kustini, "Penerapan Metode Clustering Dengan Algoritma K-means Pada Pengelompokan Data Calon Siswa Baru," *J. Sist. Inf. Triguna Dharma (JURSI TGD)*, vol. 2, no. 6, p. 1042, 2023, doi: 10.53513/jursi.v2i6.9148.
- [12] A. Yahya and R. Kurniawan, "Implementasi Algoritma K-Means untuk Pengelompokan Data Penjualan Berdasarkan Pola Penjualan," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 350–358, 2025, doi: 10.57152/malcom.v5i1.1773.
- [13] F. N. Dhewayani, D. Amelia, D. N. Alifah, B. N. Sari, and M. Jajuli, "Implementasi K-Means Clustering untuk Pengelompokan Daerah Rawan Bencana Kebakaran Menggunakan Model CRISP-DM," *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 12, no. 1, pp. 64–77, 2022, doi: 10.34010/jati.v12i1.6674.
- [14] Wisnu Priyo Jatmiko, M. Gillang Ramadhani, M. Gilang Romadhon, Gilang Adhmadani, Rahmad Fardian, and Wawan Joko Pranoto, "Penerapan Metode K-Means Clustering Terhadap Bencana Kebakaran Di Kota Samarinda," *Jupiter Publ. Ilmu Keteknikan Ind. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 01–08, 2024, doi: 10.61132/jupiter.v2i1.36.
- [15] A. Fortunata, M. Santoso, and F. S. Papilaya, "Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi ASN BERBASIS DEKSTOP Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi," *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 4, no. 3, pp. 1723–1736, 2023, [Online]. Available: <https://journal.stmiki.ac.id/index.php/jimik/article/view/301>