



Penerapan Algoritma K-Means untuk Pengelompokan Kerentanan Wilayah terhadap Kasus DBD di Kota Bandung

**Zahwa Asfa Rabbani^{1*}, Alya Avisa², Paulus³, Sumanto⁴, Imam Budiawan⁵,
Roida Pakpahan⁶**

¹⁻⁶ Program Studi Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika, Indonesia

**Penulis Korespondensi: hawafarab@gmail.com*

Abstract. *Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) is an infectious disease caused by the dengue virus and transmitted through bites of the Aedes aegypti mosquito. This illness remains a major public health concern in Indonesia, particularly in urban regions like Bandung City, where population density and environmental variations contribute to disease transmission. The purpose of this study is to apply the K-Means Clustering algorithm to group areas based on their level of vulnerability to DHF spread in Bandung City. The dataset, obtained from the Bandung Open Data portal covering the 2016–2024 period, was processed using the Orange Data Mining application. The analysis began with data preprocessing, which included cleaning, attribute selection, and normalization to ensure optimal clustering performance. The data were then grouped into three primary clusters representing high, medium, and low risk zones. The findings indicate that the K-Means algorithm effectively detects the spatial and temporal distribution of DHF cases and presents it through scatter plot visualizations that illustrate yearly patterns. High-risk regions are typically characterized by dense population, poor sanitation, and limited environmental management. These findings provide essential insight for local health authorities to design more targeted prevention and control strategies. Furthermore, this research can serve as a foundation for developing a decision support system that aids in monitoring, evaluating prevention efforts, and optimizing health resource allocation to reduce the incidence of DHF in the future.*

Keywords: *K-Means; Data Mining; Dengue Fever; Clustering; Health.*

Abstrak. Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh virus dengue dan ditransmisikan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti*. Penyakit ini menjadi ancaman kesehatan yang terus meningkat di Indonesia, terutama di wilayah perkotaan seperti Kota Bandung yang memiliki tingkat kepadatan penduduk tinggi serta kondisi lingkungan yang beragam. Penelitian ini dilakukan untuk menerapkan algoritma K-Means Klastering dalam proses pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat kerentanan terhadap penyebaran kasus DBD di Kota Bandung. Data yang digunakan berasal dari portal Open Data Bandung mencakup periode 2016 hingga 2024, yang kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Orange Data Mining. Tahapan analisis diawali dengan pra-pemrosesan data yang meliputi pembersihan, pemilihan atribut relevan, dan normalisasi agar hasil klasterisasi lebih akurat. Selanjutnya, data dibagi menjadi tiga klaster utama, yaitu wilayah berisiko tinggi, sedang, dan rendah. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode K-Means mampu mengidentifikasi pola distribusi kasus DBD secara efektif serta menampilkan visualisasi scatter plot yang menggambarkan kecenderungan penyebaran setiap tahunnya. Wilayah dengan risiko tinggi umumnya memiliki karakteristik lingkungan yang padat, sanitasi yang kurang memadai, dan aktivitas masyarakat yang tinggi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu Dinas Kesehatan dalam merumuskan kebijakan berbasis data, meningkatkan efisiensi program pencegahan, serta mendukung pengembangan sistem pendukung keputusan untuk menekan angka kejadian DBD di masa depan.

Kata kunci: *K-Means; Data Mining; Demam Berdarah; Klasterisasi; Kesehatan.*

1. LATAR BELAKANG

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit menular yang disebarluaskan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* dan masih menjadi isu kesehatan masyarakat di Indonesia, dengan tingkat penyebaran yang termasuk tertinggi di Asia Tenggara (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2025). Penyakit ini berkembang pesat di wilayah tropis, termasuk Indonesia, terutama pada daerah padat penduduk dan lingkungan yang mendukung perkembangbiakan nyamuk (Sutriyawan et al., 2025); Sidharta, Diniarti, & Darmawansyah,

2023). Berbagai faktor seperti kondisi tempat tinggal, sanitasi, perilaku masyarakat, hingga pemahaman terkait 3M turut memengaruhi tingginya kasus DBD (Yunus et al., 2024). Penelitian (Ayuningtyas, 2023) juga menunjukkan bahwa kepadatan penduduk memiliki hubungan kuat dengan kejadian DBD di Jawa Barat.

Data kasus DBD nasional menunjukkan fluktuasi signifikan dalam empat tahun terakhir. Pada tahun 2021 tercatat 73.518 kasus, meningkat tajam menjadi 143.184 kasus pada 2022, lalu menurun menjadi 57.884 kasus pada 2023. Hingga minggu ke-12 tahun 2024, tercatat 46.168 kasus dengan 350 kematian. Dari lima wilayah dengan kematian tertinggi akibat DBD, Kabupaten Bandung menempati posisi pertama dengan 29 kasus kematian (CNN Indonesia, 2024). Temuan ini menegaskan bahwa wilayah Bandung, termasuk Kota Bandung, merupakan salah satu episentrum penting penyebaran DBD di Indonesia.

Secara khusus, Kota Bandung memiliki karakteristik yang berbeda dibanding daerah lain, sehingga memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap penyebaran DBD. Kota ini memiliki kepadatan penduduk yang sangat tinggi, aktivitas mobilitas yang intens, kawasan pemukiman padat, dan kondisi lingkungan yang heterogen antar kecamatan. Selain itu, iklim Kota Bandung yang cenderung lembap serta tingginya curah hujan turut meningkatkan potensi perkembangbiakan nyamuk. Faktor-faktor ini menyebabkan distribusi kasus DBD di Kota Bandung tidak merata, sehingga setiap kecamatan memiliki tingkat risiko yang berbeda-beda. Kondisi ini menunjukkan urgensi perlunya pemetaan kerentanan wilayah Kota Bandung secara lebih spesifik untuk mendukung kebijakan kesehatan masyarakat.

Untuk melakukan pemetaan berbasis data, digunakan pendekatan data mining melalui metode klastering. Salah satu metode yang relevan adalah algoritma K-Means, yang mampu mengelompokkan wilayah berdasarkan kemiripan karakteristik secara objektif. Penggunaan K-Means sangat sesuai untuk data kasus DBD di Kota Bandung karena dapat mengelompokkan kecamatan menjadi tiga kategori risiko tinggi, sedang, dan rendah berdasarkan pola distribusi kasus. Dengan memanfaatkan perangkat lunak Orange yang bersifat open source (Khusaeri, 2024), proses pengolahan data dapat dilakukan secara cepat dan visual. Hasil pengelompokan ini sangat penting untuk membantu Dinas Kesehatan Kota Bandung menentukan prioritas wilayah dalam pelaksanaan PSN, fogging, surveilans jentik, serta edukasi kesehatan.

Penelitian sebelumnya oleh Tyas & Purnamasari, (2023) sebelumnya telah menerapkan algoritma K-Means untuk mengelompokkan kasus DBD pada tingkat kabupaten di Provinsi Jawa Barat. Meskipun memberikan gambaran umum mengenai pola penyebaran DBD di skala regional, penelitian tersebut belum menggambarkan kerentanan secara lebih rinci pada tingkat kecamatan, khususnya di Kota Bandung. Penelitian lain oleh Sutriyawan et al. (2025) juga

menggunakan metode klasterisasi pada data DBD, namun lebih berfokus pada tren tahunan tanpa mengaitkan hasilnya dengan karakteristik lingkungan dan kepadatan penduduk.

Selain itu, Ayuningtyas, (2023) dan Khusaeri, (2024) menggunakan K-Means untuk menganalisis faktor risiko DBD di beberapa kota besar di Jawa Barat, tetapi cakupan wilayah yang diteliti masih bersifat umum dan tidak menyoroti detail spasial antar kecamatan. Penelitian (E. M. Sembiring, 2022) juga menunjukkan bahwa metode klasterisasi dapat digunakan untuk mengidentifikasi titik-titik rawan DBD, tetapi belum mengintegrasikan analisis pola spasial secara mendalam.

Dengan mempertimbangkan kekurangan dari penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan memfokuskan analisis pada tingkat kecamatan di Kota Bandung menggunakan data kasus DBD periode 2016–2024. Mengingat fluktuasi kasus DBD di Kota Bandung yang cukup tinggi, pendekatan klasterisasi membantu memberikan gambaran mengenai tingkat kerentanan tiap kecamatan secara lebih objektif. Selain itu, meningkatnya angka kasus dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan pentingnya pemetaan risiko untuk memperkuat upaya pencegahan di tingkat wilayah. Pendekatan ini menghasilkan pemetaan kerentanan yang lebih spesifik dan relevan untuk kondisi lapangan, sehingga dapat digunakan secara langsung sebagai dasar perencanaan intervensi kesehatan masyarakat oleh pemerintah daerah dalam menekan penyebaran DBD secara berkelanjutan.

2. KAJIAN TEORITIS

Data Mining

Data Mining adalah proses penggalian informasi dan pola yang bermanfaat dari suatu data yang sangat besar. Proses data mining terdiri dari pengumpulan data, ekstraksi data, analisa data, dan statistik data. Istilah ini juga sering disebut sebagai *knowledge discovery*, *knowledge extraction*, *data/pattern analysis*, *information harvesting*, dan sebutan lainnya (Arhami dan Nasir, 2020). Sedangkan menurut (Nugraha et al., 2022), Data mining adalah proses semi otomatis yang memanfaatkan metode statistik, matematika, kecerdasan buatan, serta pembelajaran mesin untuk menggali dan menemukan informasi atau pengetahuan berharga yang tersembunyi dalam basis data berukuran besar. Teknik ini sering digunakan dalam analisis kesehatan masyarakat untuk mendeteksi pola penyakit dan faktor risiko (Nuranisa et al., 2022).

Algoritma K-Means

Algoritma K-Means merupakan salah satu metode klasterisasi yang digunakan untuk mengelompokkan sekumpulan data ke dalam beberapa kelompok atau klaster berdasarkan kedekatan terhadap titik pusat klaster (centroid) (Fauzan et al., 2025). Tujuan utama dari algoritma ini adalah untuk membentuk kelompok data yang memiliki tingkat kemiripan tinggi dalam satu klaster, serta perbedaan yang signifikan antar klaster (Yuliawan, 2025). Ukuran kemiripan antar data ditentukan melalui fungsi jarak, sehingga proses pengelompokan dilakukan dengan mencari jarak terpendek antara setiap data terhadap titik pusat klaster. (Nyoman & Adiputra, 2021)

Tahapan algoritma K-Means menurut Nur Afidah, (2023) dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Menentukan secara acak sejumlah k data awal yang akan dijadikan sebagai titik pusat klaster (centroid).
- Menghitung jarak antara setiap data dengan pusat klaster menggunakan rumus Euclidean Distance, yaitu:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

dengan keterangan:

d adalah jarak antara data dan pusat klaster,
 x_1 dan x_2 merupakan titik pada atribut x ,
 y_1 dan y_2 merupakan titik pada atribut y .

- Menempatkan setiap data ke dalam klaster yang memiliki jarak terdekat dengan titik pusat klaster.
- Menghitung kembali centroid yang baru berdasarkan rata-rata posisi seluruh data dalam setiap klaster.
- Mengulangi proses perhitungan jarak dan pembaruan pusat klaster hingga posisi centroid tidak berubah lagi atau perubahan yang terjadi sangat kecil, yang menandakan bahwa proses klasterisasi telah mencapai hasil akhir yang optimal.

Penentuan parameter jumlah klaster (k) ditetapkan sebanyak tiga ($k=3$) guna merepresentasikan stratifikasi risiko penyakit secara hierarkis, yaitu tingkat kerentanan tinggi, sedang, dan rendah. Pemilihan nilai ini didasarkan pada pertimbangan epidemiologis agar hasil analisis dapat langsung diterjemahkan ke dalam strategi intervensi kesehatan masyarakat yang bertingkat. Untuk tahap inisialisasi, penelitian ini menerapkan metode random initialization, di mana titik pusat klaster awal dipilih secara stokastik dari dataset. Meskipun metode ini merupakan pendekatan standar, proses iterasi yang dilakukan algoritma akan terus

memperbarui posisi centroid hingga mencapai konvergensi optimal yang merepresentasikan pola data sesungguhnya.

Sejumlah penelitian terkini di bidang kesehatan menunjukkan bahwa algoritma K-Means efektif digunakan untuk pemetaan penyakit dan perencanaan layanan kesehatan. K-Means telah diterapkan untuk pemetaan penyebaran DBD di berbagai wilayah seperti Deli Serdang, Banda Aceh, dan Jakarta (M. A. Sembiring, 2021), untuk pemetaan daerah rawan DBD di tingkat kota/kabupaten (Puspitasari et al., 2023), analisis persebaran penyakit endemis lainnya (Suhaira & Muliono, n.d.), pengelompokan rekam medis pasien dan distribusi tenaga Kesehatan (Aulia et al., n.d.), hingga pengelompokan anggaran dan stok obat fasilitas Kesehatan (Sujak et al., 2024). Hal ini menguatkan relevansi pemanfaatan K-Means dalam penelitian ini untuk mengelompokkan kerentanan wilayah terhadap DBD di Kota Bandung.

Demam Berdarah Dengue

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan penyakit yang muncul akibat infeksi dari virus dengue. Demam Berdarah Dengue merupakan penyakit yang menular pada manusia melalui gigitan nyamuk yang terinfeksi, terutama jenis *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*, yang penyebarannya meliputi hampir seluruh wilayah Indonesia. (Miftahurrahmi, 2024). Ciri khas penyakit ini adalah munculnya perdarahan pada kulit atau tanda-tanda perdarahan lainnya yang biasanya terjadi pada tahap akhir penyakit. Jika tidak segera didiagnosis dan ditangani, DBD dapat berakibat fatal. Kasus DBD menunjukkan tren peningkatan dan penyebaran yang cepat (Sembiring, 2022). Faktor utama yang memengaruhi penyebaran penyakit ini antara lain perubahan iklim dan tingginya kepadatan penduduk. Perubahan iklim berdampak pada faktor lingkungan seperti peningkatan curah hujan dan kelembapan udara, yang mempercepat perkembangbiakan nyamuk *Aedes aegypti*. Sementara itu, tingginya kepadatan penduduk menyebabkan lebih banyak individu tinggal dalam satu wilayah, sehingga memperbesar peluang terjadinya gigitan nyamuk penyebab DBD (Arisanti & Suryaningtyas, 2021).

3. METODE PENELITIAN

Sumber dan Jenis Data

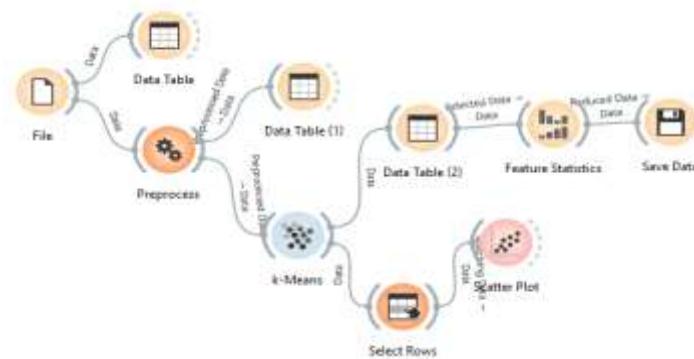
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berbentuk data historis yang diperoleh dari portal Open Data Bandung (Dinas Kesehatan Kota Bandung, 2025), Dataset tersebut memuat informasi mengenai kasus penyakit berdasarkan Puskesmas di wilayah Kota Bandung. Penelitian ini memusatkan perhatian pada kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) untuk periode 2016–2024. Selain data kasus, penelitian ini juga memanfaatkan data spasial berupa peta vektor batas administrasi kecamatan yang diperoleh dari portal

GeoData Kota Bandung (Pemerintah Kota Bandung, 2024). Data spasial ini digunakan sebagai peta dasar (*base map*) untuk memvisualisasikan sebaran kerentanan wilayah secara geografis.

Setelah melalui proses seleksi, diperoleh total 1.141 baris data, yang merepresentasikan jumlah kasus DBD per Puskesmas setiap tahunnya. Data kemudian diagregasi ke tingkat kecamatan untuk tiap tahun pengamatan (2016–2024), sehingga terbentuk matriks data yang menunjukkan jumlah kasus DBD per kecamatan per tahun.

Analisis difokuskan pada periode 2021–2024, terutama untuk keperluan pengelompokan (klasterisasi) dan visualisasi melalui scatter plot serta pemetaan spasial. Pemilihan jumlah kasus DBD sebagai variabel utama dilakukan karena merupakan indikator langsung dari tingkat kerentanan wilayah terhadap DBD, dan banyak digunakan dalam penelitian epidemiologi serta pemodelan risiko DBD baik di Indonesia maupun secara internasional.

Proses Pengolahan Data



Gambar 1. Workflow Orange Data Mining.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat desain workflow pengolahan data menggunakan aplikasi Orange Data Mining dengan metode K-Means Klastering.

a) Widget File

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari portal resmi Open Data Kota Bandung. Dataset ini mencakup data deret waktu (*time series*) dari tahun 2016 hingga 2024 dengan tingkat granularitas wilayah Kecamatan dan Puskesmas. Pada tahap ini, sistem membaca atribut krusial seperti lokasi, periode waktu, dan jumlah kasus untuk memastikan struktur data kasus penyakit DBD siap diproses.

b) Widget Data Table

Berfungsi menampilkan seluruh isi dataset dalam bentuk tabel sekaligus melakukan proses pemeriksaan data (data cleaning). Langkah ini krusial untuk menjamin validitas hasil analisis. Proses yang dilakukan meliputi:

- Penanganan Missing Values

Memeriksa sel data yang kosong. Jika ditemukan data jumlah kasus yang hilang, dilakukan imputasi (pengisian nilai 0) atau penghapusan baris jika atribut wilayah tidak jelas.

- Filtrasi Baris

Menyaring data agar hanya memuat kasus "Demam Berdarah Dengue (DBD)" dan membuang baris penyakit lain yang tidak relevan yang mungkin tercampur dalam data mentah.

- Koreksi Tipe Data

Memastikan variabel "Jumlah Kasus" terbaca sebagai data numerik (integer) agar dapat dikalkulasi.

c) Widget Preprocess

Tahap pra-pemrosesan dilakukan melalui pemilihan atribut relevan dan normalisasi data. Karena algoritma K-Means menggunakan jarak Euclidean, skala variabel yang berbeda dapat menyebabkan variabel dengan nilai besar mendominasi perhitungan jarak. Oleh karena itu, dilakukan normalisasi menggunakan widget Preprocess dengan skema Min–Max normalization ke rentang 0–1 terhadap variabel jumlah kasus DBD. Dengan cara ini, setiap titik data memiliki bobot yang setara dalam penentuan klaster, sehingga pengelompokan murni didasarkan pada pola sebaran, bukan sekadar besaran angka absolut.

d) Widget K-Means

Merupakan inti analisis dalam penelitian ini. Algoritma K-Means digunakan untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan kemiripan jumlah kasus DBD. Penelitian ini menggunakan 3 klaster, yaitu kategori kerentanan tinggi, sedang, dan rendah.

Penetapan jumlah klaster dilakukan berdasarkan:

1. Tujuan penelitian yang menuntut pembagian tingkat risiko,
2. Pola distribusi historis kasus DBD di Kota Bandung,
3. Pertimbangan interpretasi yang lebih mudah dalam menyusun strategi intervensi kesehatan.

e) Widget Select Rows

Untuk menganalisis dinamika sebaran kasus DBD, proses klasterisasi dilakukan secara terpisah untuk setiap tahun. Widget Select Rows digunakan untuk memfilter data

berdasarkan atribut tahun (misalnya tahun = 2021, 2022, 2023, 2024). Langkah ini penting untuk membandingkan pola pengelompokan kasus DBD dari tahun ke tahun.

f) Widget Scatter Plot

Digunakan untuk menampilkan hasil klaster dalam bentuk sebaran titik dengan warna berbeda sesuai label klaster. Visualisasi ini mempermudah pembacaan pola klustering sehingga interpretasi terhadap wilayah berisiko tinggi, sedang, atau rendah dapat dilakukan secara lebih jelas.

Output Penelitian

Penelitian ini menghasilkan klasifikasi wilayah Kota Bandung menjadi tiga tingkat risiko, yaitu tinggi, sedang, dan rendah, berdasarkan jumlah kasus DBD. Pembagian ini diperoleh melalui analisis klustering yang mengidentifikasi kesamaan pola kasus tiap tahun, sehingga dapat digunakan sebagai dasar analisis kerentanan serta pertimbangan dalam penyusunan program pencegahan dan pengendalian DBD di Kota Bandung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem bertujuan menerapkan rancangan metodologi ke dalam bentuk yang dapat dijalankan. Penerapan ini dilakukan menggunakan Orange Data Mining, dengan algoritma K-Means Klustering sebagai metode utama untuk mengelompokkan data kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Bandung. Data yang telah melalui praproses dimasukkan ke sistem dan diklasterisasi menjadi tiga kelompok $K=3$, yang merepresentasikan tingkat risiko tinggi, sedang, dan rendah. Hasil pengelompokan ini kemudian divisualisasikan menggunakan scatter plot, di mana warna pada grafik membedakan kategori klaster. Selain visualisasi, hasil klasterisasi ditampilkan dalam bentuk tabel data untuk mempermudah analisis spesifik per kecamatan. Secara keseluruhan, tahapan implementasi berhasil menerapkan algoritma K-Means untuk membedakan tingkat kerentanan antar wilayah. Hasil yang diperoleh dari proses implementasi inilah yang menjadi dasar utama bagi pengujian sistem dan interpretasi hasil penelitian selanjutnya.

Pengujian Sistem

Pengujian sistem bertujuan untuk mengevaluasi bagaimana algoritma K-Means mengelompokkan wilayah berdasarkan jumlah kasus DBD di Kota Bandung. Berdasarkan hasil proses klasterisasi, data terbagi menjadi tiga klaster utama. Setiap klaster menunjukkan karakteristik wilayah berbeda sesuai tingkat kerentanan terhadap DBD. Hasil pengujian

menunjukkan bahwa pembagian klaster cukup konsisten dari tahun ke tahun, meskipun terdapat perubahan komposisi kecamatan di dalam tiap kelompok akibat fluktuasi jumlah kasus.

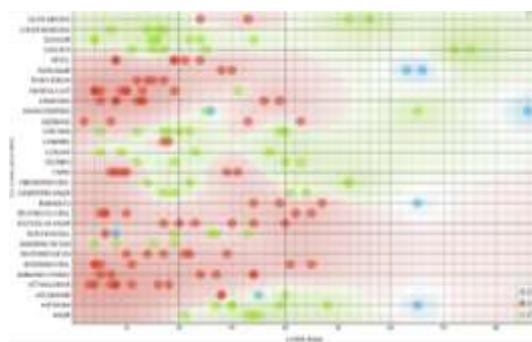
Klaster 1 (Biru) : Wilayah dengan jumlah kasus DBD tinggi.

Klaster 2 (Merah) : Wilayah dengan jumlah kasus DBD rendah.

Klaster 3 (Hijau) : Wilayah dengan jumlah kasus menengah.

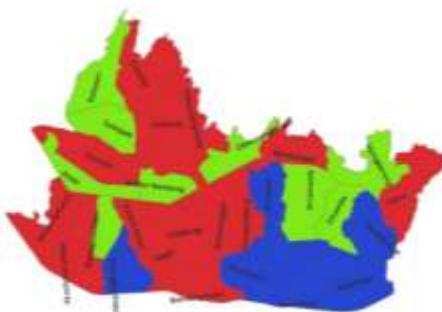
Interpretasi Hasil

Penerapan algoritma K-Means dalam analisis ini memberikan hasil pengelompokan yang dapat digunakan sebagai dasar oleh Dinas Kesehatan Kota Bandung dalam menentukan prioritas wilayah yang memerlukan tindakan pencegahan lebih intensif. Untuk menyajikan interpretasi hasil yang komprehensif, penelitian ini menggunakan dua pendekatan visualisasi. Pertama, pola distribusi data antar klaster ditampilkan dalam bentuk scatter plot yang diolah menggunakan perangkat lunak Orange Data Mining. Kedua, guna melihat sebaran lokasi secara geografis, hasil klasterisasi dipetakan secara spasial menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (QGIS). Kombinasi visualisasi dari kedua perangkat lunak tersebut disajikan secara berurutan pada Gambar 2 hingga Gambar 9 yang secara utuh merepresentasikan dinamika persebaran kasus dan tingkat kerentanan wilayah DBD di Kota Bandung.



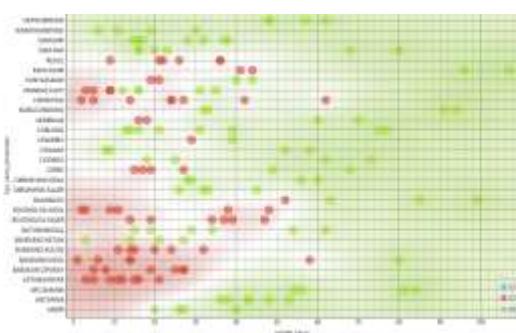
Gambar 2. Visualisasi sebaran kasus penyakit DBD tahun 2021.

Berdasarkan Gambar 2, diperoleh tiga kelompok (klaster) hasil pengelompokan menggunakan algoritma K-Means. Klaster 1 direpresentasikan dengan warna biru yang mencakup wilayah dengan jumlah kasus tertinggi. Wilayah pada klaster ini menunjukkan tingkat kerentanan tinggi dan memerlukan perhatian serta intervensi lebih lanjut dari pihak kesehatan. Klaster 2 direpresentasikan dengan warna merah. Wilayah-wilayah pada klaster ini dikategorikan memiliki tingkat kerentanan rendah hingga sedang terhadap penyebaran penyakit. Selanjutnya, klaster 3 direpresentasikan dengan warna hijau yang mendominasi wilayah-wilayah dengan jumlah kasus penyebaran dengan kategori sedang,



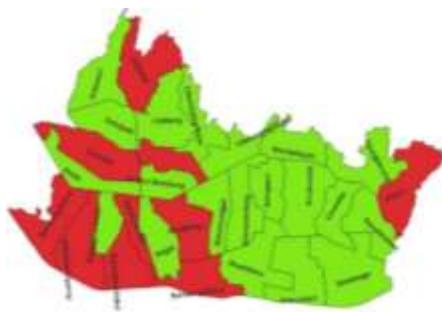
Gambar 3. Peta spasial sebaran kerentanan wilayah DBD Tahun 2021.

Gambaran nyata mengenai lokasi setiap klaster diperjelas melalui peta spasial pada Gambar 3. Pada peta tersebut, konsentrasi wilayah Klaster 1 yang ditandai dengan warna biru yaitu Kecamatan Antapani, Buahbatu, Rancasari, Gedebage, Panyileukan, serta Bojongloa Kidul tampak menonjol sebagai episentrum risiko tinggi. Visualisasi ini krusial dalam membedakan area prioritas penanganan kesehatan dari wilayah lain yang berada pada spektrum warna hijau dan merah.



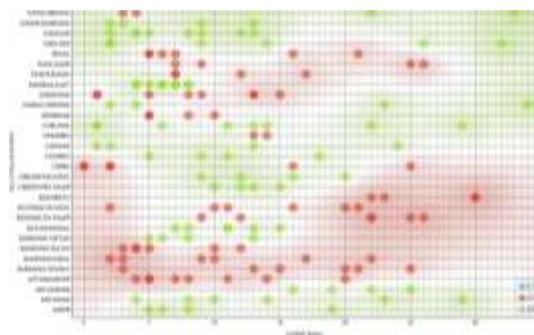
Gambar 4. Visualisasi sebaran kasus penyakit DBD tahun 2022.

Berdasarkan Gambar 4, algoritma K-Means mengelompokkan wilayah menjadi tiga klaster. Klaster 2 mencakup mayoritas wilayah dengan jumlah kasus terendah yang mengindikasikan tingkat kerentanan rendah hingga sedang. Klaster 3 mendominasi pada jumlah kasus sedang hingga tinggi, tersebar luas di banyak kecamatan, dikategorikan memiliki tingkat kerentanan sedang. Sementara itu, Klaster 1 merepresentasikan wilayah dengan jumlah kasus tertinggi, mengindikasikan tingkat kerentanan tinggi; Namun pada hasil pengelompokan tahun 2022, klaster ini tidak tampak dominan pada grafik. Kondisi tersebut dapat mencerminkan adanya peningkatan efektivitas upaya pengendalian penyakit dan perbaikan faktor lingkungan di sejumlah kecamatan.



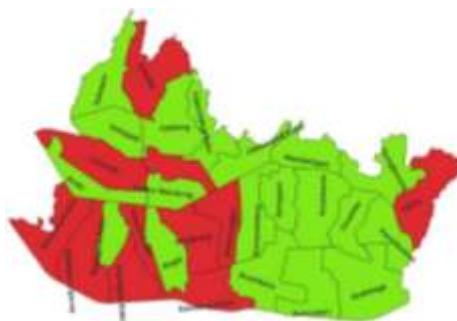
Gambar 5. Peta spasial sebaran kerentanan wilayah DBD Tahun 2022.

Visualisasi pada Gambar 5 mempertegas adanya perbaikan kondisi kerentanan wilayah. Peta tahun 2022 tidak lagi menunjukkan keberadaan zona biru, sebuah kontras yang tajam dibanding tahun sebelumnya. Kawasan yang sebelumnya menjadi episentrum risiko tinggi, khususnya di bagian timur kota seperti Antapani dan Arcamanik, kini telah beralih ke kategori hijau (sedang). Hal ini menunjukkan bahwa pola penyebaran penyakit telah menjadi lebih moderat, tersebar merata antara kategori rendah dan sedang tanpa adanya titik wabah yang kritis.



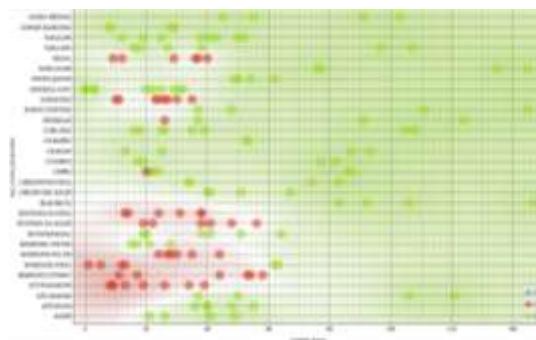
Gambar 6. Visualisasi sebaran kasus penyakit DBD tahun 2023.

Pada tahun 2023, pola hasil pengelompokan masih menunjukkan pembagian ke dalam tiga klaster, namun dengan skala jumlah kasus yang jauh menurun. Secara visual, Klaster 2 tampak semakin tersebar, yang menyerap sebagian data dari rentang kasus tinggi tahun sebelumnya. Mengindikasikan adanya penurunan tingkat kerentanan di sejumlah titik. Pergeseran beberapa kecamatan dari klaster tertinggi ke sedang dan rendah menunjukkan adanya perbaikan kondisi lingkungan serta efektivitas program pencegahan yang diterapkan. Adapun Klaster 1, yang merupakan wilayah berisiko sangat tinggi, masih tidak tampak di visual.



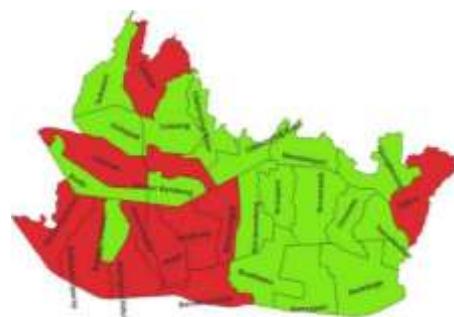
Gambar 7. Peta spasial sebaran kerentanan wilayah DBD Tahun 2023.

Secara geografis, Gambar 7 memperlihatkan tren positif melalui meluasnya area klaster merah. Perubahan spesifik tercatat pada Kecamatan Batununggal yang kini teridentifikasi sebagai wilayah risiko rendah. Hal ini menandakan keberhasilan upaya mitigasi lokal, sekaligus melengkapi sebaran zona aman yang semakin masif meliputi kawasan tengah hingga selatan Bandung.



Gambar 8. Visualisasi sebaran kasus penyakit DBD tahun 2024.

Pada tahun 2024, hasil pengelompokan K-Means menunjukkan peningkatan drastis pada skala jumlah kasus maksimum, mengembalikan pola di mana Klaster 2 mengelompokkan wilayah dengan jumlah kasus rendah hingga menengah. Sementara itu, Klaster 3 mendominasi sebagian besar kecamatan, mewakili wilayah dengan jumlah kasus sedang hingga sangat tinggi, mengindikasikan adanya peningkatan meluas pada tingkat kerentanan kasus sedang dan tinggi dibandingkan tahun sebelumnya. Seperti periode sebelumnya, Klaster 1 tetap minim anggota, menegaskan bahwa kasus pada tingkat ekstrem tertinggi masih jarang terjadi.



Gambar 9. Peta spasial sebaran kerentanan wilayah DBD Tahun 2024.

Peta spasial Gambar 9 menggambarkan situasi 'rebound' di mana zona hijau kembali mendominasi Kota Bandung. Kecamatan Regol menunjukkan tren perbaikan spesifik dengan berubah menjadi zona merah yaitu risiko rendah. Pergeseran status Regol dari hijau ke merah ini menandakan keberhasilan mitigasi di wilayah tersebut. Namun, meluasnya sebaran zona hijau ini menjadi indikator penting bagi Dinas Kesehatan untuk kembali mengintensifkan program pencegahan agar status wilayah tidak memburuk di masa mendatang.

Untuk memperkuat analisis jumlah kecamatan pada tiap kategori klaster per tahun, dilakukan rekapitulasi pengelompokan yang dihasilkan melalui algoritma K-Means dan disajikan pada Tabel 1, yang merangkum tingkat risiko DBD untuk setiap kecamatan di Kota Bandung sepanjang periode pengamatan 2021 hingga 2024. Penentuan tingkat risiko ini didasarkan pada alokasi warna klaster di setiap visualisasi scatter plot tahunan.

Tabel 1. Skala klaster penyakit DBD di Kota Bandung tahun 2021–2024.

	Kecamatan	Tingkat Risiko			
		2021	2022	2023	2024
1	UJUNGBERUNG	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
2	SUMUR BANDUNG	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
3	SUKASARI	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
4	SUKAJADI	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
5	REGOL	Rendah	Sedang	Sedang	Rendah
6	RANCASARI	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang
7	PANYILEUKAN	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang
8	MANDALAJATI	Rendah	Sedang	Sedang	Sedang
9	LENGKONG	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
10	KIARACONDONG	Rendah	Sedang	Sedang	Sedang
11	GEDEBAGE	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang
12	COBLONG	Rendah	Sedang	Sedang	Sedang
13	CINAMBO	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
14	CIDADAP	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
15	CICENDO	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
16	CIBIRU	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
17	CIBEUNYING KIDUL	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
18	CIBEUNYING KALER	Rendah	Sedang	Sedang	Sedang
19	BUAHBATU	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang
20	BOJONGLOA KIDUL	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah
21	BOJONGLOA KALER	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
22	BATUNUNGGAL	Rendah	Sedang	Rendah	Rendah
23	BANDUNG WETAN	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
24	BANDUNG KULON	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
25	BANDUNG KIDUL	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
26	BABAKAN CIPARAY	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
27	ASTANA ANYAR	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
28	ARCAMANIK	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang
29	ANTAPANI	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang
30	ANDIR	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang

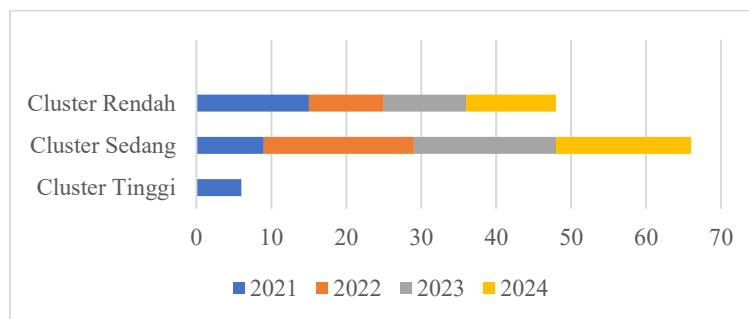
Analisis Dinamika Perubahan Status Klaster

Selain menganalisis sebaran wilayah secara tahunan, penelitian ini juga meninjau pergeseran komposisi jumlah kecamatan dalam setiap kategori risiko secara agregat. Analisis tren ini bertujuan untuk mengevaluasi dinamika kerentanan wilayah dari waktu ke waktu serta melihat dampak makro dari upaya pengendalian yang telah dilakukan. Berdasarkan hasil klasifikasi yang tersaji pada Tabel 1, dilakukan rekapitulasi jumlah kecamatan untuk setiap tingkatan risiko (Tinggi, Sedang, dan Rendah) sepanjang periode 2021 hingga 2024. Hasil perhitungan statistik tersebut dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Perubahan Jumlah Kecamatan Berdasarkan Tingkat Risiko

Tingkat Risiko	Tahun			
	2021	2022	2023	2024
Tinggi	6	0	0	0
Sedang	9	20	19	18
Rendah	15	10	11	12
Total	30	30	30	30

Guna memvisualisasikan proporsi perubahan tingkat risiko tersebut secara lebih intuitif, data pada Tabel 2 direpresentasikan ke dalam bentuk grafik batang bertumpuk (*stacked bar chart*) sebagaimana ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tren proporsi klaster risiko DBD di Kota Bandung tahun 2021–2024.

Mengacu pada Tabel 2 dan Gambar 10, terlihat adanya transformasi pola risiko yang signifikan di Kota Bandung. Pada awal periode pengamatan tahun 2021, tercatat sebanyak 6 kecamatan (20% dari total wilayah) berada dalam kategori risiko Tinggi. Namun, pada kurun waktu 2022 hingga 2024, algoritma K-Means tidak lagi mengidentifikasi adanya wilayah yang masuk dalam kategori ekstrem tersebut. Absennya klaster risiko tinggi pada tiga tahun terakhir mengindikasikan keberhasilan dalam meredam lonjakan kasus yang bersifat luar biasa (outbreak).

Meskipun demikian, tantangan pengendalian DBD mengalami pergeseran ke kategori risiko Sedang. Terjadi lonjakan jumlah wilayah pada kategori ini, dari hanya 9 kecamatan di tahun 2021 menjadi 20 kecamatan pada tahun 2022, dan kemudian stabil pada

kisaran 18–19 kecamatan. Fenomena ini menunjukkan pola konvergensi, di mana wilayah yang sebelumnya berstatus risiko tinggi berhasil mengalami penurunan status, namun di sisi lain, beberapa wilayah yang semula aman (risiko rendah) mengalami peningkatan intensitas kasus. Hal ini mengisyaratkan bahwa meskipun potensi wabah ekstrem telah diminimalisir, penyebaran DBD dengan intensitas moderat kini terjadi lebih merata dan mendominasi sebagian besar wilayah administratif kota.

Implikasi Hasil Penelitian

Hasil pengelompokan wilayah di Kota Bandung memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai tingkat kerentanan kasus DBD pada tiap kecamatan. Dengan mengetahui karakteristik setiap klaster, strategi pencegahan dapat disusun secara lebih tepat sesuai kebutuhan masing-masing wilayah.

1. Klaster Risiko Tinggi

Wilayah yang termasuk dalam kelompok risiko tinggi menunjukkan jumlah kasus yang konsisten besar setiap tahun. Daerah ini umumnya memiliki kepadatan penduduk tinggi, kondisi sanitasi yang kurang baik, serta mobilitas masyarakat yang intens, sehingga memperbesar peluang penyebaran virus dengue. Keberadaan genangan air dan permukiman padat turut mendukung berkembangnya nyamuk Aedes aegypti. Beberapa kecamatan yang masuk dalam kategori ini pada periode 2021–2022 antara lain Rancasari, Panyileukan, Gedebage, Buahbatu, dan Antapani.

Implikasi kebijakan:

- Perlu dilakukan intervensi intensif, seperti fogging fokus, pemeriksaan jentik berkala, dan pengawasan PSN.
- Edukasi masyarakat mengenai perilaku 3M harus diperkuat.
- Perbaikan drainase dan manajemen lingkungan harus diprioritaskan.

2. Klaster Risiko Sedang

Klaster sedang terdiri dari wilayah yang menunjukkan fluktuasi kasus dari tahun ke tahun. Kasus tidak setinggi klaster pertama, namun masih muncul secara berkala. Tempat perkembangbiakan vektor masih ada, tetapi tidak sebesar wilayah risiko tinggi. Risiko di wilayah ini meningkat terutama pada musim penghujan atau ketika perilaku menjaga kebersihan lingkungan melemah. Klaster ini merupakan kategori yang paling banyak ditemukan di Kota Bandung.

Implikasi kebijakan:

- Perlu dilakukan pemantauan berkala, terutama pada periode musim hujan.

- Program edukasi dan PSN harus dilakukan secara berkala agar tidak meningkat menjadi risiko tinggi.
- Sumber daya dapat dialokasikan secara moderat namun berkelanjutan.

3. Klaster Risiko Rendah

Klaster ini mencakup wilayah dengan jumlah kasus rendah dan stabil. Wilayah risiko rendah biasanya memiliki kepadatan penduduk lebih kecil, perilaku hidup bersih lebih baik, serta program pengendalian vektor yang berjalan efektif. Kecamatan seperti Lengkong, Cidadap, Cicendo, Bandung Wetan, dan Babakan Ciparay sering berada pada kategori ini.

Implikasi kebijakan:

- Program yang sudah berjalan harus dipertahankan, terutama edukasi dan kebersihan lingkungan.
- Pengawasan tetap diperlukan untuk mencegah peningkatan kasus mendadak.
- Wilayah ini dapat dijadikan contoh praktik baik bagi kecamatan lain.

Dengan mengintegrasikan karakteristik setiap klaster dan pola distribusi kasus di masing-masing wilayah, hasil klasterisasi memberikan landasan yang kuat bagi pemerintah dalam menetapkan prioritas intervensi, mengalokasikan sumber daya, serta merumuskan strategi pencegahan DBD yang lebih terarah. Pendekatan ini memastikan bahwa wilayah berisiko tinggi memperoleh penanganan intensif, wilayah berisiko sedang terus mendapatkan pemantauan yang ketat, dan wilayah berisiko rendah tetap mampu mempertahankan kondisi yang sudah terkendali.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode K-Means Klustering terhadap data kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Bandung, diperoleh kesimpulan bahwa proses pengelompokan mampu membedakan wilayah menjadi tiga kategori utama berdasarkan tingkat risiko, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Hasil analisis memperlihatkan bahwa karakteristik wilayah dalam klaster ini memiliki pola yang berbeda, di mana wilayah risiko tinggi umumnya memerlukan penanganan lingkungan yang lebih intensif dibandingkan wilayah lainnya. Saat ini, sebagian besar wilayah di Kota Bandung tergolong dalam kategori sedang, sementara hanya sebagian kecil wilayah yang masuk ke kategori rendah. Dari hasil perbandingan antar tahun, terlihat adanya perubahan pola sebaran risiko, di mana pada tahun-tahun awal pengamatan (2021–2022) masih ditemukan wilayah dengan risiko tinggi, namun pada periode berikutnya (2023–2024) wilayah tersebut sudah tidak muncul lagi. Pada tahun

2024, seluruh wilayah berada dalam kategori sedang dan rendah, yang menunjukkan adanya penurunan tingkat risiko DBD secara umum di Kota Bandung.

Secara lebih rinci, klaster risiko tinggi dicirikan oleh wilayah dengan jumlah kasus DBD yang konsisten tinggi pada awal periode pengamatan, umumnya terkait dengan kepadatan penduduk besar, sanitasi lingkungan kurang memadai, serta adanya potensi tempat perkembangbiakan nyamuk. Klaster sedang menunjukkan fluktuasi kasus, dengan faktor musiman dan perilaku masyarakat sebagai pengaruh utama. Klaster rendah ditandai oleh kondisi lingkungan yang lebih baik, kasus yang stabil rendah, serta program pengendalian vektor yang lebih efektif.

Penerapan metode K-Means melalui perangkat lunak Orange Data Mining juga menghasilkan visualisasi yang membantu dalam memahami pola dan karakteristik tiap kelompok wilayah melalui tampilan Scatter Plot. Secara keseluruhan, metode K-Means Klustering terbukti efektif dalam melakukan analisis tingkat kerentanan wilayah terhadap kasus DBD dan dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi pihak terkait dalam menyusun strategi pencegahan. Dinas Kesehatan Kota Bandung dapat memfokuskan kegiatan pencegahan pada wilayah dengan tingkat risiko sedang agar tidak meningkat menjadi tinggi.

Beberapa langkah praktis yang dapat diterapkan antara lain sebagai berikut:

1. Klaster dengan risiko tinggi, diperlukan tindakan penanganan yang lebih intensif, seperti pelaksanaan PSN secara rutin, fogging pada titik-titik fokus, peningkatan frekuensi pemeriksaan jentik, serta penguatan edukasi mengenai penerapan 3M Plus kepada masyarakat.
2. Klaster dengan risiko sedang, diperlukan pemantauan yang konsisten agar tidak berkembang menjadi kelompok risiko tinggi. Hal ini dapat dilakukan melalui peningkatan pengetahuan masyarakat, kegiatan kebersihan lingkungan yang terjadwal, serta pemeriksaan jentik secara mingguan.
3. Klaster dengan risiko rendah, perlu mempertahankan kondisi yang telah baik melalui penerapan PHBS, pengelolaan sampah yang tepat, serta pemeliharaan sistem drainase. Wilayah dalam kategori ini juga berpotensi menjadi contoh atau model penerapan program pengendalian DBD yang efektif bagi kecamatan lainnya.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan:

- Menambahkan variabel tambahan seperti suhu, kelembapan udara, curah hujan, sanitasi lingkungan, serta indeks jentik agar analisis yang diperoleh lebih menyeluruh.
- Melakukan perbandingan K-Means dengan algoritma klasterisasi lainnya, seperti Fuzzy C-Means, DBSCAN, atau hierarchical klustering.

- Mengembangkan analisis spasial-temporal berbasis GIS guna memahami dinamika penyebaran DBD dari waktu ke waktu.
- Melakukan evaluasi terhadap kebijakan yang telah diterapkan dengan menghubungkan hasil klasterisasi dengan upaya intervensi yang dilakukan di lapangan.
- Mengembangkan dashboard pemantauan DBD berbasis web sehingga informasi mengenai risiko, jumlah kasus terkini, dan hasil klaster dapat dipantau secara real-time. Melalui penerapan rekomendasi tersebut dan pengembangan penelitian lebih lanjut, diharapkan upaya pengendalian DBD di Kota Bandung dapat berjalan lebih optimal, risiko penularan semakin menurun, dan ketahanan kesehatan masyarakat meningkat secara berkelanjutan.

DAFTAR REFERENSI

- Arisanti, M., & Suryaningtyas, N. H. (2021). Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Indonesia tahun 2010–2019. *Spirakel*, 13(1), 34–41. <https://doi.org/10.22435/spirakel.v13i1.5439>
- Aulia, W., Siahaan, A. P. U., Marlina, L., & Iqbal, M. (2024). K-means clustering algorithm analysis for grouping patient medical record data based on disease type. *Informatika dan Sains*, 14(4). <https://doi.org/10.54209/infosains.v14i04>
- Ayuningtyas, A. (2023). Analisis hubungan kepadatan penduduk dengan kejadian demam berdarah dengue (DBD) di Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Permas*, 13(2), 419–426. <https://doi.org/10.32583/pskm.v13i2.772>
- CNN Indonesia. (2024, Maret 12). 3 besar daerah kasus DBD di RI saat ini: Bandung, Tangerang, dan Bogor. <https://www.cnnindonesia.com>
- Dinas Kesehatan Kota Bandung. (2025). *Jumlah kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) menurut puskesmas di Kota Bandung*. <https://opendata.bandung.go.id/dataset/jumlah-kasus-demam-berdarah-dengue-dbd-menurut-puskesmas-di-kota-bandung>
- Fauzan, A., Suarna, N., Ali, I., & Susana, H. (2025). Penerapan algoritma K-means clustering untuk meningkatkan model pengelompokan dan kinerja jaringan Wi-Fi secara optimal. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6272>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2025). *Demam Berdarah Dengue*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia – Ayo Sehat. <https://ayosehat.kemkes.go.id/topik/demam-berdarah-dengue>
- Khusaeri, A. (2024). Analisis algoritma K-means clustering dalam pengelompokan daerah penyebaran penyakit Demam Berdarah Dengue. *Journal of Information System, Informatics, and Computing*, 8(2), 434. <https://doi.org/10.52362/jisicom.v8i2.1795>

- Miftahurrahmi, M. (2024). Pengetahuan dan sikap masyarakat serta peran petugas kesehatan terkait pencegahan Demam Berdarah Dengue (DBD) di Desa Pulau Payung. *SEHAT: Jurnal Kesehatan Terpadu*, 3(1), 223–227. <https://doi.org/10.31004/sjkt.v3i1.25347>
- Nugraha, A., Nurdianwan, O., & Dwilestari, G. (2022). Penerapan data mining metode K-means clustering untuk analisa penjualan pada Toko Yana Sport. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 6(2).
- Nur Afidah, N. (2023). Penerapan metode clustering dengan algoritma K-means untuk pengelompokkan data migrasi penduduk tiap kecamatan di Kabupaten Rembang. *PRISMA: Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 6, 729–738. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/>
- Nuranisa, R., Maryanto, Y. B., & Isfandiari, M. A. (2022). Correlation of free larvae index and population density with dengue fever incidence rate. *Indonesian Journal of Public Health*, 17(3), 477–487. <https://doi.org/10.20473/ijph.v17i3.2022.477-487>
- Nyoman, I., & Adiputra, M. (2021). Clustering penyakit DBD pada Rumah Sakit Dharma Kerti menggunakan algoritma K-means. *INSERT: Information System and Emerging Technology Journal*, 2(2), 99.
- Puspitasari, N., Maulana, A. A., & Alameka, F. (2023). K-means untuk klasterisasi daerah rawan penyakit Demam Berdarah. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(1). <https://doi.org/10.30700/jst.v13i1.1337>
- Sembiring, E. M. (2022). Penerapan K-means clustering untuk pengelompokan penyebaran Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kabupaten Deli Serdang. *Terapan Informatika Nusantara*, 2(11), 673–677. <https://doi.org/10.47065/tin.v2i11.1503>
- Sembiring, M. A. (2021). Penerapan metode algoritma K-means clustering untuk pemetaan penyebaran penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). *Journal of Science and Social Research*, 4(3), 336. <https://doi.org/10.54314/jssr.v4i3.712>
- Sidharta, A. A., Diniarti, F., & Darmawansyah, D. (2023). Analisis spasial faktor risiko kejadian Demam Berdarah Dengue di Kota Bengkulu. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 2(2), 43–56. <https://doi.org/10.58222/juvokes.v2i2.162>
- Suhaira, Z., & Muliono, R. (2024). Analisis persebaran penyakit di wilayah menggunakan algoritma K-means berbasis data kunjungan fasilitas kesehatan. *INCoding Journal*, 5(2). <https://doi.org/10.34007/incoding.v5i2.983>
- Sujak, G. M. M., Rofiq, H. N., & Tawakal, F. I. (2024). Implementasi K-means clustering untuk optimalisasi anggaran penyakit tidak menular. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 5(1), 67–74. <https://doi.org/10.57152/malcom.v5i1.1597>
- Sutriyawan, A., Martini, M., Sutiningsih, D., Akbar, H., Agushybana, F., Wahyuningsih, N. E., Nurlaela, S. D., & Victor Eneojo, A. (2025). Spatial analysis of dengue incidence and linear effects with climate conditions in Bandung City, Indonesia, in 2021–2023. *Journal of Public Health and Development*, 23(1), 244–258. <https://doi.org/10.55131/jphd/2025/230119>

- Tyas, T. M. M., & Purnamasari, A. I. (2023). Penerapan algoritma K-means dalam mengelompokkan Demam Berdarah Dengue berdasarkan kabupaten. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 1(4), 277–283. <https://doi.org/10.5621/blendsains.v1i4.231>
- Yuliawan, K. (2025). Metode K-means clustering untuk mengelompokkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Provinsi Papua. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(2).
- Yunus, R., Supiati, S., & Nurtimasiah, W. O. (2024). Edukasi pencegahan penyakit Demam Berdarah Dengue dan optimalisasi pemanfaatan tanaman penolak vektor. *Jurnal Inovasi, Pemberdayaan dan Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 45–53. <https://doi.org/10.36990/jippm.v4i2.1535>