

# Analisis Pola Temporal Penyebaran Penyakit DBD dan HIV Berbasis Time Series Clustering

Trie Adriana Ramadhani\*, Fathoni

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Sistem Informasi, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Indonesia

Email: <sup>1</sup>\*09031282227060@studen.unsri.ac.id, <sup>2</sup>fathoni@unsri.ac.id

Email Penulis Korespondensi: 09031282227060@studen.unsri.ac.id

Submitted: 20/01/2026; Accepted: 05/03/2026; Published: 06/03/2026

**Abstrak**—Di Indonesia, termasuk di Provinsi Jawa Timur, penyakit menular seperti Demam Berdarah Dengue (DBD) dan *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) masih menjadi masalah kesehatan masyarakat. Pola kejadian penyakit ini berbeda-beda tergantung pada wilayah dan waktu setiap tahun. Perbedaan pola temporal antar kabupaten/kota menyebabkan penentuan wilayah prioritas intervensi menjadi kurang optimal apabila analisis hanya didasarkan pada jumlah kasus secara absolut. Penelitian bertujuan menganalisis pola temporal penyebaran kasus DBD dan HIV Provinsi Jawa Timur selama periode 2018–2024 untuk mengklasterisasi wilayah berdasarkan kemiripan dinamika kasus dari waktu ke waktu. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan *time series clustering* untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan kemiripan pola perkembangan kasus dari waktu ke waktu. Tingkat kemiripan pola diukur menggunakan metode *Dynamic Time Warping*, kemudian dikelompokkan dengan *Hierarchical Clustering*. Sebelum analisis, data dinormalisasi menggunakan metode *Z-score* untuk meminimalkan pengaruh perbedaan skala jumlah kasus antar wilayah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola temporal kasus DBD dan HIV masing-masing terbagi ke dalam tiga *cluster* utama. Evaluasi kualitas *cluster* menggunakan indeks *Silhouette* yang menghasilkan nilai sebesar 0,408 pada kasus DBD menunjukkan struktur *cluster* yang cukup jelas. Sedangkan pada kasus HIV sebesar 0,197 yang mengindikasikan struktur *cluster* yang lemah akibat kompleksitas dan heterogenitas data kasus pada tingkat wilayah. Meskipun demikian, *cluster* yang terbentuk tetap memberikan informasi awal mengenai variasi pola temporal. *Cluster* yang dihasilkan merepresentasikan wilayah dengan pola kasus stabil, fluktuatif dan meningkat. Beberapa wilayah perkotaan seperti Kota Pasuruan, Kota Probolinggo dan Kabupaten Banyuwangi cenderung berada pada *cluster* dengan tingkat kasus relatif tinggi pada lebih dari satu penyakit, yang mengindikasikan tantangan pengendalian penyakit di wilayah tersebut. Temuan ini memberikan gambaran awal mengenai distribusi dan dinamika beban penyakit DBD dan HIV di Jawa Timur yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar pendukung perencanaan pengendalian penyakit berbasis wilayah dan waktu.

**Kata Kunci:** Dynamic Time Warping; Hierarchical Clustering; Pola Temporal; Beban Penyakit; Jawa Timur

**Abstract**—In Indonesia, including in East Java Province, infectious diseases such as Dengue Fever (DHF) and Human Immunodeficiency Virus (HIV) remain public health concerns. Incidence patterns vary by region and time of year. Variations in temporal patterns among districts and cities may lead to suboptimal identification of priority intervention areas when analyses rely solely on absolute case counts. This study aims to analyze the temporal patterns of DHF and HIV case distribution in East Java Province during the 2018–2024 period in order to cluster regions based on similarities in case dynamics over time. The analysis was conducted using a time series clustering approach to group districts and cities according to the similarity of their case development patterns. Temporal similarity was measured using the Dynamic Time Warping method and subsequently clustered using Hierarchical Clustering. Prior to analysis, the data were normalized using the Z-score method to minimize the influence of differences in case scale among regions. The results show that the temporal patterns of DHF and HIV cases were each classified into three main clusters. Cluster quality evaluation using the Silhouette index yielded a value of 0.408 for DHF, indicating a relatively clear cluster structure, whereas a value of 0.197 was obtained for HIV, suggesting a weaker cluster structure due to the complexity and heterogeneity of regional-level case data. Nevertheless, the resulting clusters still provide preliminary information on variations in temporal patterns. The identified clusters represent regions with stable, fluctuating, and increasing case patterns. Several urban areas, such as Pasuruan City, Probolinggo City, and Banyuwangi Regency, tend to belong to clusters with relatively high case levels for more than one disease, indicating challenges in disease control within these regions. These findings provide an initial overview of the temporal dynamics of DHF and HIV cases in East Java, which may serve as supporting evidence for region- and time-based disease control planning.

**Keywords:** Dynamic Time Warping; Hierarchical Clustering; Temporal Pattern; Disease Burden; East Java

## 1. PENDAHULUAN

Penyakit menular hingga saat ini masih menjadi permasalahan utama dalam kesehatan masyarakat karena pola kejadiannya yang tidak seragam antarwilayah serta berubah dari waktu ke waktu. Variasi spasial dan temporal tersebut menyebabkan perbedaan beban penyakit yang dialami masing-masing wilayah, baik dari segi jumlah kasus maupun dinamika perubahannya sepanjang periode pengamatan [1]. Dalam perencanaan kesehatan berbasis wilayah, pemahaman terhadap pola temporal penyakit menjadi penting karena strategi pengendalian tidak hanya bergantung pada besarnya kasus, tetapi juga pada kecenderungan perubahan kejadian penyakit dari waktu ke waktu.

Salah satu penyakit menular yang masih sering terjadi di daerah tropis dan masih dilaporkan sering terjadi di berbagai negara adalah Demam Berdarah Dengue (DBD) [2]. Di Indonesia, khususnya Provinsi Jawa Timur, kasus DBD masih dilaporkan secara konsisten dari tahun ke tahun, yang menunjukkan bahwa pengendalian penyakit ini belum sepenuhnya optimal [3]. Pola kejadian DBD umumnya dipengaruhi oleh faktor iklim dan lingkungan, sehingga memiliki karakteristik temporal yang fluktuatif dan cenderung musiman [4]. Sebaliknya, HIV terus menjadi masalah besar bagi kesehatan masyarakat. Berbeda dengan DBD yang bersifat akut, HIV merupakan penyakit kronis dengan dinamika temporal yang berkembang secara lebih gradual. Pola kejadian HIV dipengaruhi oleh faktor perilaku sosial,

akses terhadap layanan kesehatan, serta keberlanjutan terapi yang dijalani penderita [5]. Di Provinsi Jawa Timur, kasus HIV masih terus dilaporkan di berbagai kabupaten/kota, mencerminkan keberlanjutan beban penyakit menular di wilayah tersebut [6].

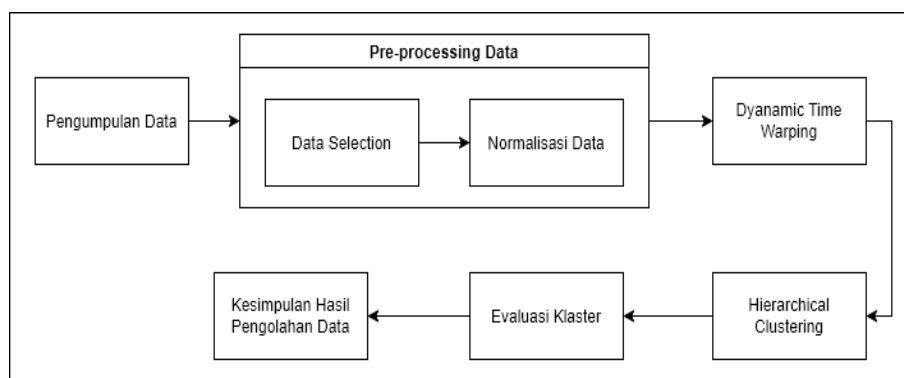
Meskipun data kasus penyakit menular telah tersedia melalui berbagai laporan surveilans dan publikasi ilmiah, analisis yang dilakukan umumnya masih terbatas pada penyajian jumlah kasus, tren temporal sederhana, atau pemetaan distribusi spasial pada wilayah tertentu [7]. Pendekatan tersebut belum sepenuhnya mampu menangkap kesamaan dan perbedaan dinamika temporal antar kabupaten/kota secara komparatif, terutama ketika wilayah dengan skala kasus yang berbeda menunjukkan pola perubahan kasus yang serupa dari waktu ke waktu. Hal ini mengakibatkan penentuan wilayah prioritas intervensi berpotensi menjadi kurang optimal apabila hanya didasarkan pada jumlah kasus absolut tanpa mempertimbangkan pola temporalnya.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengevaluasi dinamika kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) maupun *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) di Indonesia dengan pendekatan yang beragam. Analisis epidemiologi DBD di Kota Palu menggambarkan distribusi kejadian berdasarkan karakteristik penderita, waktu, dan tempat dalam kurun 2019–2023, namun belum melakukan perbandingan pola temporal antar wilayah administratif [8]. Studi kerawanan wilayah terhadap kasus DBD di Provinsi Jawa Barat menggunakan pendekatan spasial untuk mengidentifikasi wilayah dengan tingkat kerawan yang berbeda berdasarkan insidensi kasus [9]. Pada kasus *Human Immunodeficiency Virus* (HIV), analisis tren di Kota Depok meninjau perkembangan kasus baru dan cakupan terapi antiretroviral tanpa membandingkan pola temporal lintas wilayah [10]. Sementara studi di Kota Palembang, menggambarkan distribusi karakteristik faktor risiko pada kasus HIV/AIDS di satu wilayah tertentu, tanpa mengintegrasikan dinamika temporal lintas kabupaten/kota lain [11]. Meskipun penelitian-penelitian tersebut memberikan kontribusi penting dalam pemahaman penyakit menular, kajian mengenai dinamika temporal kasus antar kabupaten/kota masih terbatas dalam mengungkap kesamaan pola perubahan kasus dari waktu ke waktu. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan analisis pola temporal untuk lebih dari satu jenis kasus penyakit menular.

Pendekatan analisis yang diterapkan memungkinkan perbandingan dinamika temporal kasus penyakit menular antarwilayah meskipun terdapat perbedaan skala jumlah kasus. *Clustering* jaringan waktu dengan metode *Dynamic Time Warping* (DTW) merupakan teknik yang banyak digunakan pada analisis deret waktu kesehatan. Metode ini mampu menemukan pola temporal yang serupa tanpa memerlukan keseragaman waktu kejadian antar data [12], [13]. Integrasi DTW dengan metode *Hierarchical Clustering* memungkinkan pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat kemiripan pola temporal secara lebih fleksibel dan informatif [14]. Berdasarkan pendekatan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola temporal penyebaran penyakit menular pada tingkat kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur berdasarkan kesamaan dinamika kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) dan *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) selama periode 2018–2024 melalui penerapan *time series clustering*. Metode *Dynamic Time Warping* digunakan untuk mengukur tingkat kemiripan pola temporal kasus DBD dan HIV antar kabupaten/kota, sementara *Hierarchical Clustering* diterapkan untuk membentuk kelompok wilayah berdasarkan kesamaan dinamika perubahan kasus dari waktu ke waktu. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh pengelompokan wilayah berdasarkan kesamaan karakteristik temporal masing-masing penyakit secara lebih akurat tanpa bergantung pada besaran jumlah kasus. Penerapan pendekatan yang sama pada DBD dan HIV yang memiliki karakteristik temporal berbeda, diharapkan dapat memberikan dasar yang lebih kuat bagi perencanaan serta evaluasi pengendalian penyakit berbasis wilayah dan dimensi waktu.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode kuantitatif digunakan dalam penelitian untuk mengevaluasi pola temporal penyakit menular di Provinsi Jawa Timur. Metode *Dynamic Time Warping* (DTW) dan *Hierarchical Clustering* digunakan dalam pendekatan kuantitatif ini. Tahapan penelitian mengacu pada kerangka *Knowledge Discovery in Databases* (KDD) [15] dengan penyesuaian sesuai kebutuhan analisis. Alur tahapan penelitian yang digunakan ditunjukkan Gambar 1.



**Gambar 1.** Metode Penelitian

## 2.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian, data yang dipakai mencakup jumlah kasus DBD dan HIV pada tingkat kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur dari tahun 2018 hingga 2024. Data tersebut disajikan dalam bentuk deret waktu tahunan untuk setiap wilayah guna memastikan konsistensi serta keseragaman ketersediaan data antar kabupaten/kota sepanjang periode pengamatan. Seluruh data bersumber dari Open Data Provinsi Jawa Timur dan membentuk total 799 unit data yang digunakan dalam analisis [16].

## 2.2 Preprocessing Data

### 2.2.1 Data Selection

Tahap *data selection* dilakukan untuk memilih variabel yang relevan agar fokus analisis tetap sesuai dengan tujuan penelitian. Dari 13 variabel dilakukan seleksi menjadi 4 variabel utama yaitu nama Kabupaten/Kota, tahun, jumlah kasus 2 penyakit menular yaitu Demam Berdarah Dengue (DBD) dan *Human Immunodeficiency Virus* (HIV).

### 2.2.2 Normalisasi Data

Tahap akhir *preprocessing* data dilakukan melalui normalisasi menggunakan metode *Z-score*. Normalisasi ini bertujuan untuk menyamakan skala jumlah kasus antar wilayah sehingga setiap deret waktu memberikan kontribusi yang seimbang dalam proses pengukuran kemiripan dan pengelompokan. Metode *Z-score* mengubah data ke dalam skala baku dengan nilai rata-rata nol dan simpangan baku satu. Formulasi normalisasi yang digunakan ditunjukkan pada Persamaan (1) [17] :

$$X_{new} = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

Di mana  $X_{new}$  merupakan nilai hasil normalisasi, sedangkan  $X$  adalah nilai asli sebelum normalisasi yang dikurangkan nilai rata-rata populasi ( $\mu$ ) dan membaginya dengan standar deviasi ( $\sigma$ ) sehingga setiap data direpresentasikan dalam bentuk deviasi terhadap rata-ratanya.

## 2.3 Dynamic Time Warping

Metode DTW digunakan untuk mengukur kemiripan pola temporal antar deret waktu berdasarkan bentuk dan kecenderungan perubahannya. Metode ini memungkinkan perbandingan deret waktu dengan dinamika serupa meskipun tidak sepenuhnya sejajar secara waktu, sehingga lebih fleksibel dibandingkan pengukuran jarak konvensional [18]. Meskipun DTW umumnya diterapkan pada deret waktu beresolusi tinggi, terdapat penelitian yang menerapkannya pada data tahunan atau periodik untuk membandingkan pola temporal antar wilayah, khususnya ketika fokus analisis diarahkan pada kesamaan bentuk tren dan dinamika umum deret waktu [19]. Dalam penelitian ini, penerapan DTW pada data tahunan difokuskan pada identifikasi kemiripan dinamika temporal antar kabupaten/kota, seperti kecenderungan peningkatan, penurunan, atau fluktuasi kasus, bukan pada deteksi pergeseran waktu kejadian secara rinci. Hasil perhitungan DTW dinyatakan dalam bentuk matriks jarak yang merepresentasikan tingkat kemiripan pola temporal antar seluruh pasangan kabupaten/kota [20]. Rumus yang digunakan ditunjukkan pada persamaan (2) [18] :

$$DTW(i, j) = d(x_i, y_j) + \min\{DTW(i - 1, j), DTW(i, j - 1), DTW(i - 1, j - 1)\} \quad (2)$$

Di mana  $DTW(i, j)$  merupakan jarak kumulatif *Dynamic Time Warping* pada titik ke- $i$  dan  $j$ ,  $X_i$  menyatakan nilai deret waktu pertama pada waktu ke- $i$  dan  $Y_j$  merupakan nilai deret waktu kedua di waktu ke- $j$ . Nilai  $d(X_i, Y_j)$  menunjukkan jarak lokal antara dua titik data pada masing-masing deret waktu. Perhitungan jarak kumulatif dilakukan dengan menjumlahkan jarak lokal dengan nilai minimum dari tiga kemungkinan jalur sebelumnya yaitu  $(DTW(i - 1, j), DTW(i, j - 1)$  dan  $DTW(i - 1, j - 1)$  sehingga diperoleh jarak total yang merepresentasikan tingkat kemiripan pola temporal antar dua deret waktu.

## 2.4 Hierarchical Clustering

Metode *Hierarchical Clustering* diterapkan untuk mengelompokkan deret waktu berdasarkan tingkat kemiripan pola temporal antarwilayah dalam suatu struktur hierarkis. Pendekatan ini memungkinkan analisis hubungan kedekatan antar kabupaten/kota tanpa perlu menetapkan jumlah *cluster* sejak awal, serta menghasilkan representasi visual berupa dendrogram yang mendukung eksplorasi struktur pengelompokan data secara bertahap [21]. Proses pengelompokan dimulai dengan setiap wilayah sebagai *cluster* individual yang kemudian digabungkan secara iteratif berdasarkan tingkat kemiripan antar deret waktu. Dalam penelitian ini, ukuran kedekatan antarwilayah ditentukan menggunakan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW), yang memungkinkan perbandingan deret waktu berdasarkan kesamaan bentuk dan dinamika pola temporal. Penggabungan *cluster* dilakukan menggunakan metode *average linkage*, yaitu dengan menghitung rata-rata jarak DTW dari seluruh pasangan anggota *cluster* yang digabungkan [22]. Metode *average linkage* dipilih karena memberikan struktur *cluster* yang relatif seimbang dan lebih toleran terhadap variasi ekstrem antar wilayah. Berbeda dengan *Ward's method* yang berfokus pada minimisasi varians intra-klaster dan sensitif

terhadap perbedaan skala data, *average linkage* lebih sesuai untuk data epidemiologis dengan heterogenitas tinggi antar daerah dan ukuran *cluster* yang tidak seragam. Formulasi *average linkage* ditunjukkan pada Persamaan (3):

$$D(C_i, C_j) = \frac{1}{|C_i||C_j|} \sum_{x \in C_i} \sum_{y \in C_j} d(x, y) \tag{3}$$

Di mana  $C_i$  dan  $C_j$  merupakan dua *cluster* yang akan dihitung jaraknya, serta  $|C_i|$  dan  $|C_j|$  menyatakan jumlah anggota pada masing-masing *cluster*. Nilai  $d(x,y)$  merepresentasikan jarak DTW antara dua deret waktu wilayah  $x$  dan  $y$ . Jarak antar *cluster* dihitung sebagai rata-rata dari seluruh jarak antar pasangan deret waktu yang berasal dari kedua *cluster* tersebut, dengan menjumlahkan seluruh nilai jarak antar pasangan anggota dan membaginya dengan hasil perkalian jumlah anggota masing-masing *cluster*.

### 2.5 Evaluasi Klaster

Tahap evaluasi klaster dilakukan untuk menilai kualitas hasil pengelompokan yang diperoleh melalui metode *Hierarchical Clustering*. Evaluasi ini bertujuan memastikan bahwa *cluster* yang terbentuk mampu merefleksikan perbedaan tingkat kerawanan penyakit menular antar kabupaten/kota Provinsi Jawa Timur. Metode *Silhouette Coefficient* digunakan mengukur kualitas *cluster*, yang menilai tingkat kesesuaian setiap objek data terhadap *cluster* tempatnya berada dibandingkan dengan *cluster* terdekat lainnya. Nilai *Silhouette* yang lebih tinggi di antara 0 dan 1 menunjukkan struktur *cluster* yang lebih jelas dan terpisah, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan tumpang tindih atau pengelompokan yang kurang baik [23].

### 2.6 Kesimpulan Hasil Pengolahan Data

Tahap ini digunakan untuk mengintegrasikan dan menginterpretasikan hasil klasterisasi wilayah berdasarkan pola temporal kasus DBD dan HIV yang diperoleh pada tahap sebelumnya. Analisis difokuskan pada karakterisasi wilayah kabupaten/kota berdasarkan dinamika temporal kasus dari waktu ke waktu, dengan penyakit digunakan sebagai konteks analisis bukan sebagai objek perbandingan. Interpretasi dilakukan dengan mengidentifikasi pola umum yang terbentuk pada masing-masing *cluster*, seperti pola relatif stabil, fluktuatif, atau menunjukkan kecenderungan peningkatan kasus. Melalui tahap ini, diperoleh pengelompokan wilayah berdasarkan karakteristik temporal penyakit menular yang dapat memberikan gambaran awal mengenai tingkat kerawanan wilayah secara dinamis dan menjadi dasar pendukung analisis serta perencanaan pengendalian penyakit berbasis wilayah dan waktu.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengumpulan Data

Data kasus penyakit menular di Provinsi Jawa Timur menunjukkan adanya variasi yang cukup signifikan baik antar kabupaten/kota maupun antar periode waktu. Perbedaan jumlah kasus tersebut tampak pada dua penyakit yang dianalisis, yaitu DBD dan HIV. Statistik yang ditampilkan meliputi total kasus, rata-rata tahunan, nilai minimum, dan nilai maksimum untuk memberikan gambaran awal karakteristik data sebelum dilakukan normalisasi, seperti pada Tabel 1 dan tabel 2 menyajikan ringkasan statistik kasus untuk masing-masing penyakit.

**Tabel 1.** Data Total Kasus Penyakit HIV di Provinsi Jawa Timur periode 2018-2024

Kabupaten/Kota	Total Kasus HIV (2018-2024)	Rata-rata Tahunan	Minimum Tahunan	Maksimum Tahunan
Kab. Pacitan	170	24.285	15	35
Kab. Ponorogo	694	99.142	0	171
Kab. Tulungagung	1801	257.28	18	368
Kab. Bangkalan	303	43.285	0	88
....	....	....	....	....
Kota Batu	250	35.714	0	69

**Tabel 2.** Data Total Kasus Penyakit DBD di Provinsi Jawa Timur periode 2018-2024

Kabupaten/Kota	Total Kasus HIV (2018-2024)	Rata-rata Tahunan	Minimum Tahunan	Maksimum Tahunan
Kab. Pacitan	2803	400.42	221	727
Kab. Ponorogo	3250	464.28	103	1721
Kab. Tulungagung	3843	549	152	1434
Kab. Bangkalan	1019	145.57	74	282
....	....	....	....	....
Kota Batu	914	130.57	25	69

Hasil statistik menunjukkan bahwa pada kasus HIV cenderung menunjukkan perbedaan nilai minimum dan maksimum yang lebih sempit di banyak wilayah, yang mengindikasikan pola temporal yang relatif stabil atau

berkembang secara gradual. Nilai nol pada kasus HIV seperti pada Kabupaten Ponorogo dan Kota Batu menunjukkan tidak adanya laporan kasus pada periode tertentu berdasarkan data resmi yang tersedia. Sebaliknya, kasus DBD memiliki rentang nilai minimum dan maksimum yang relatif lebar di sebagian besar wilayah, mencerminkan pola kejadian yang fluktuatif dan bervariasi dari tahun ke tahun. Perbedaan karakteristik statistik deskriptif ini menguatkan adanya perbedaan dinamika temporal antara DBD dan HIV antarwilayah, sehingga analisis lanjutan berbasis kemiripan pola temporal menjadi relevan untuk mengidentifikasi karakteristik beban penyakit pada masing-masing kabupaten/kota.

### 3.2 Preprocessing Data

Tahap *preprocessing* dilakukan melalui seleksi variabel dan normalisasi data menggunakan metode *Z-score*. Normalisasi bertujuan untuk menghilangkan pengaruh perbedaan skala jumlah kasus antar wilayah sehingga analisis berfokus pada kesamaan pola temporal. Hasil normalisasi menunjukkan bahwa seluruh deret waktu telah berada pada skala yang sebanding, dengan nilai rata-rata mendekati nol dan simpangan baku satu. Tabel 3 menyajikan hasil nilai normalisasi pada salah satu kabupaten/kota Jawa Timur.

**Tabel 3.** Data Nilai Normalisasi HIV dan DBD Periode 2018-2024

Kabupaten/Kota	Jenis Penyakit	2018	2019	2020	....	2024
Kab. Bangkalan	HIV	-1.305	-0.491	-0.641	....	1.348
	DBD	-0.458	0.368	-0.603	....	1.979
Kab. Banyuwangi	HIV	-2.202	0.810	0.279	....	0.058
	DBD	-1.128	-0.629	-0.212	....	1.344
....	....	....	....	....	....	....
Kab. Bondowoso	HIV	-1.970	0.093	0.310	....	1.269
	DBD	-.0373	0.111	-0.268	....	2.191

Tabel 3 memperlihatkan hasil normalisasi data dua penyakit menular pada beberapa wilayah Jawa Timur. Nilai positif menunjukkan jumlah kasus berada di atas rata-rata deret waktu wilayah tersebut, sedangkan nilai negatif menunjukkan jumlah kasus berada di bawah rata-rata.

### 3.3 Dynamic Time Warping

Perhitungan jarak menggunakan metode *Dynamic Time Warping* menghasilkan matriks jarak yang merepresentasikan tingkat kemiripan pola temporal antar kabupaten/kota. Tabel 4 dan 5 menampilkan hasil nilai metode *Dynamic Time Warping* setiap penyakitnya.

**Tabel 4.** Hasil Dynamic Time Warping Penyakit HIV

	Kab. Bangkalan	Kab. Banyuwangi	Kab. Blitar	....	Kab. Bondowoso
Kab. Bangkalan	0.000	5.887	2.307	....	2.434
Kab. Banyuwangi	5.887	0.000	4.724	....	2.948
Kab. Blitar	2.307	4.724	0.000	....	2.222
....	....	....	....	....	....
Kab. Bondowoso	2.434	2.948	2.222	....	0.000

Berdasarkan hasil perhitungan DTW pada data HIV yang disajikan pada Tabel 4, diperoleh variasi nilai jarak antar kabupaten/kota yang mencerminkan perbedaan tingkat kemiripan pola temporal. Pasangan wilayah Kabupaten Blitar dan Kabupaten Bondowoso menunjukkan nilai DTW sebesar 2,222, yang mengindikasikan adanya kemiripan pola perubahan kasus dari waktu ke waktu. Sebaliknya, pasangan Kabupaten Blitar dan Kabupaten Banyuwangi memiliki nilai DTW yang lebih besar, yaitu 4,724, yang menunjukkan perbedaan dinamika temporal kasus HIV antar kedua wilayah tersebut.

**Tabel 5.** Hasil Dynamic Time Warping Penyakit DBD

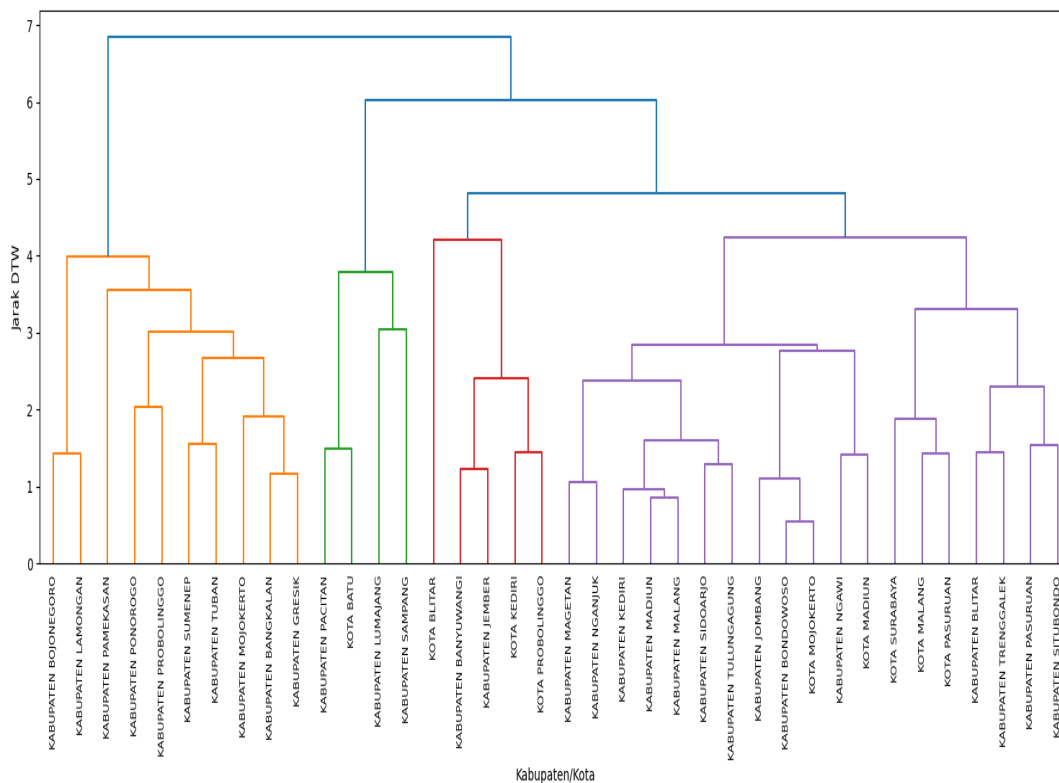
	Kab. Bangkalan	Kab. Banyuwangi	Kab. Blitar	....	Kab. Bondowoso
Kab. Bangkalan	0.000	5.119	1.743	....	2.324
Kab. Banyuwangi	5.119	0.000	5.337	....	4.862
Kab. Blitar	1.743	5.337	0.000	....	1.346
....	....	....	....	....	....
Kab. Bondowoso	2.324	4.862	1.346	....	0.000

Tabel 5 memperlihatkan hasil nilai tiap pasangan kabupaten/kota Jawa Timur. Salah satunya pasangan Kabupaten Blitar dan Kabupaten Bangkalan memiliki nilai DTW relatif rendah, yaitu 1.743, dibandingkan pasangan wilayah lainnya, yang mengindikasikan adanya kesamaan pola fluktuasi kasus DBD dari waktu ke waktu. Sebaliknya, pasangan wilayah seperti Kabupaten Bangkalan dan Kabupaten Mojokerto menunjukkan nilai DTW yang jauh lebih

tinggi, yaitu sebesar 6.719. Nilai ini menandakan perbedaan pola temporal yang signifikan. Matriks jarak DTW yang dihasilkan berfungsi sebagai dasar perhitungan kedekatan antar wilayah yang selanjutnya akan digunakan dalam metode *Hierarchical Clustering* untuk kasus DBD dan kasus HIV.

### 3.4 Hierarchical Cluster

#### 3.4.1 Hasil Hierarchical Cluster Kasus HIV



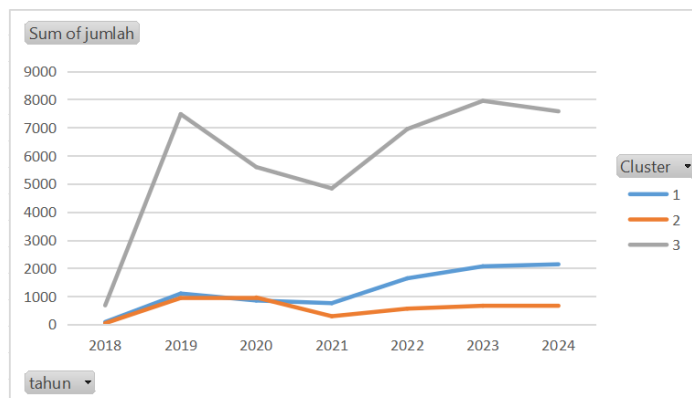
**Gambar 2.** Dendrogram hasil Hierarchical Clustering kasus HIV berbasis jarak DTW

Gambar 2 menunjukkan dendrogram hasil *Hierarchical Clustering* pada kasus HIV menggunakan jarak DTW dan *average linkage*. Dendrogram tersebut menggambarkan struktur pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan tingkat kemiripan pola temporal kasus HIV selama periode 2018–2024. Berdasarkan hasilnya, dilakukan pemotongan pada tingkat jarak DTW bernilai 4 hingga 5 sehingga diperoleh 3 kandidat *cluster* pada kasus HIV.

**Tabel 6.** Hasil pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan pola temporal kasus HIV

Kabupaten/Kota	Cluster	Jumlah
Kab. Bangkalan Kab. Bojonegoro, Kab. Gresik Kab. Lamongan, Kab. Mojokerto Kab. Probolinggo, Kab. Ponorogo Kab. Pamekasan, Kab. Sumenep dan Kab. Tuban	1	10 Kabupaten
Kota Batu, Kab. Sampang, Kab. Pacitan dan Kab. Lumajang	2	3 Kabupaten dan 1 Kota
Kab. Blitar, Kab Banyuwangi, Kab. Nganjuk, Kab. Malang, Kab. Magetan, Kab. Madiun, Kab. Kediri, Kab. Bondowoso, Kab. Jember, Kab. Jombang, Kab. Sidoarjo, Kab. Pasuruan, Kab. Ngawi, Kab. Situbondo, Kab. Trenggalek, Kab. Tulungagung, Kota Blitar, Kota Kediri, Kota Madiun, Kota Malang, Kota Mojokerto, Kota Pasuruan, Kota Probolinggo dan Kota Surabaya	3	22 Kabupaten dan 2 Kota

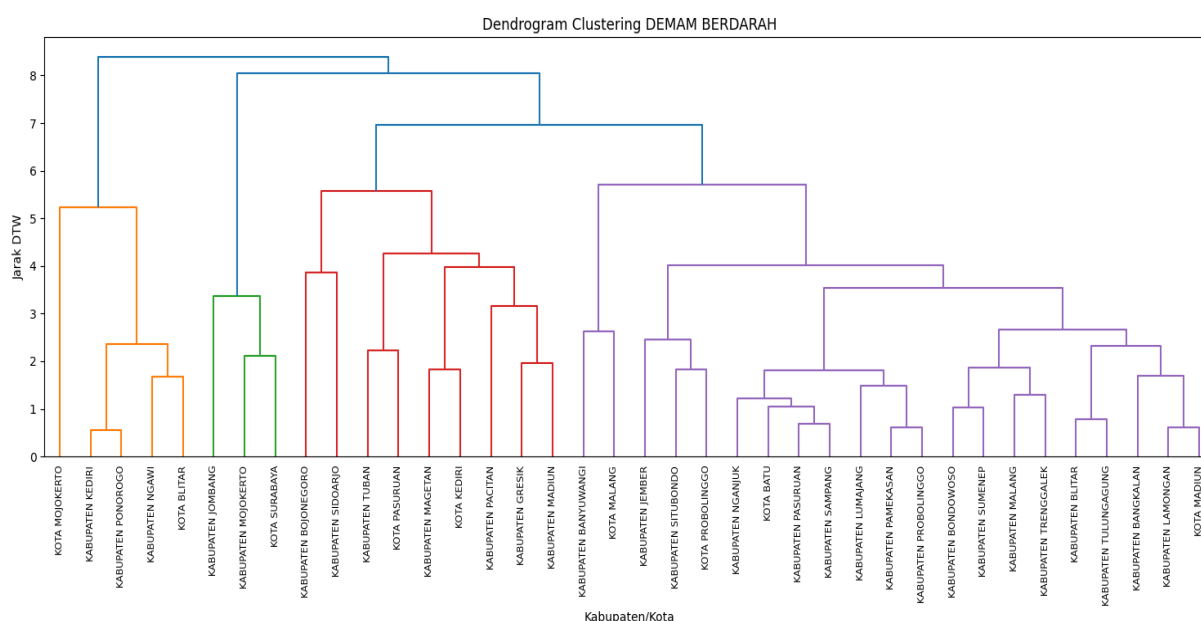
Tabel 6 menyajikan hasil pengelompokan wilayah berdasarkan pola temporal kasus HIV di Provinsi Jawa Timur menggunakan pendekatan *Hierarchical Clustering*. Hasil pengelompokan menunjukkan terbentuknya tiga *cluster* dengan karakteristik dinamika kasus yang berbeda, yang mencerminkan variasi pola perubahan jumlah kasus HIV antar wilayah dari waktu ke waktu. Untuk memberikan gambaran karakteristik pola temporal pada masing-masing *cluster* dengan visualisasi deret waktu (*time series*) berdasarkan data mentah kasus HIV selama periode 2018–2024. Visualisasi ini digunakan untuk mengamati kecenderungan perubahan kasus, tingkat fluktuasi, serta perbedaan dinamika antar *cluster* sebagai dasar interpretasi hasil pengelompokan wilayah.



Gambar 3. Grafik Time Series kasus HIV

Grafik *time series* pada Gambar 3, memperlihatkan adanya perbedaan karakteristik pola temporal kasus HIV antar *cluster* hasil *Hierarchical Clustering* selama periode 2018-2024. Visualisasi tersebut menegaskan bahwa setiap *cluster* memiliki dinamika kasus yang khas sepanjang periode pengamatan, seperti dari sisi tingkat kasus maupun pola perubahannya dari waktu ke waktu. Cluster 1 menunjukkan pola fluktuatif menengah dengan kecenderungan peningkatan kasus secara bertahap setelah tahun 2021. Grafik memperlihatkan dinamika kasus yang relatif stabil tanpa lonjakan tajam, yang mencerminkan peningkatan kasus HIV yang bersifat gradual dan berkelanjutan pada wilayah-wilayah dalam *cluster* ini. Pola tersebut mengindikasikan bahwa memerlukan strategi pengendalian yang berfokus pada pencegahan jangka panjang dan penguatan program deteksi dini. Sedangkan cluster 2 memiliki pola temporal dengan jumlah kasus HIV yang relatif rendah dibandingkan cluster lainnya. Grafik menunjukkan adanya penurunan kasus pada tahun 2021, diikuti peningkatan secara perlahan pada tahun-tahun berikutnya. Pola ini mengindikasikan wilayah dengan beban kasus HIV yang lebih kecil, meskipun tetap menunjukkan dinamika yang perlu diperhatikan dalam jangka panjang. Sebaliknya cluster 3 dicirikan oleh jumlah kasus HIV yang relatif tinggi dengan fluktuasi yang lebih kompleks, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai DTW pada wilayah yang termasuk dalam *cluster* ini yang berada pada kisaran 4 hingga 6. Grafik *time series* menunjukkan adanya lonjakan kasus pada tahun 2019, diikuti penurunan pada periode selanjutnya, serta peningkatan kembali hingga tahun 2023–2024. Pola ini mencerminkan wilayah dengan dinamika kasus HIV yang lebih intens dan tidak stabil, sehingga berpotensi menjadi prioritas utama dalam perencanaan dan pelaksanaan program pengendalian HIV yang lebih terarah dan intensif.

### 3.4.2 Hasil Hierarchical Cluster Kasus DBD



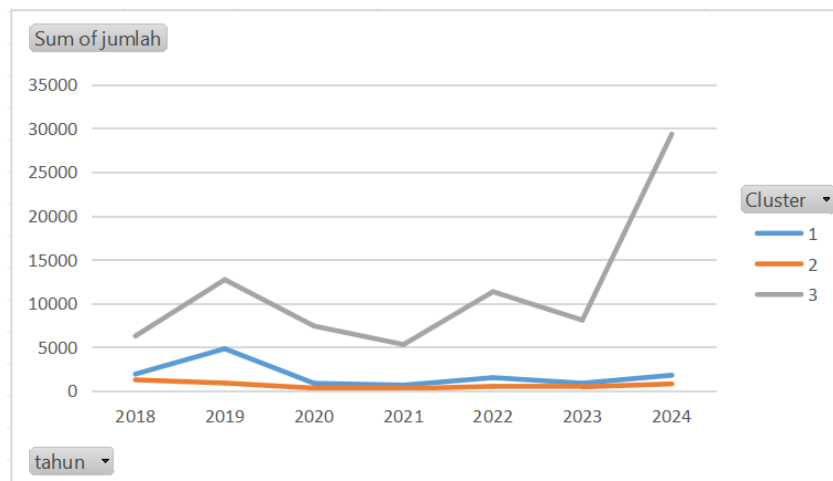
Gambar 4. Dendrogram hasil Hierarchical Clustering kasus DBD berbasis jarak DTW

Gambar 4 menyajikan dendrogram hasil *Hierarchical Clustering* pada kasus DBD yang juga dibangun menggunakan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW) dengan metode *average linkage*. Dendrogram tersebut menggambarkan proses pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat kemiripan pola temporal kasus DBD selama periode 2018 hingga 2024. Berdasarkan struktur dendrogram yang terbentuk, pemotongan dilakukan pada rentang jarak DTW bernilai 5 hingga 6 sehingga diperoleh tiga kandidat *cluster*.

**Tabel 7.** Hasil pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan pola temporal kasus DBD

Kabupaten/Kota	Cluster	Jumlah
Kab. Kediri, Kota Blitar, Kab. Ponorogo, Kab. Ngawi dan Kota Mojokerto	1	3 Kabupaten dan 2 Kota
Kab. Mojokerto, Kota Surabaya dan Kab. Jombang	2	2 Kabupaten dan 1 Kota
Kab. Jember, Kab. Gresik, Kab. Lumajang, Kab. Lamongan, Kab. Madiun, Kab. Bondowoso, Kab. Bojonegoro, Kab. Bangkalan, Kab. Nganjuk, Kab. Malang, Kab. Magetan, Kab. Pamekasan, Kab. Pasuruan, Kab. Probolinggo, Kab. Sampang, Kab. Pacitan, Kab. Sidoarjo, Kab. Situbondo, Kab. Trenggalek, Kab. Sumenep, Kab. Tuban, Kab. Tulungagung, Kab. Blitar, Kab. Banyuwangi, Kota Kediri, Kota Batu, Kota Malang, Kota Madiun, Kota Pasuruan dan Kota Probolinggo	3	24 Kabupaten dan 6 Kota

Tabel 7 menampilkan hasil pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur berdasarkan kesamaan pola temporal kasus Demam Berdarah Dengue (DBD). Hasil pengelompokan menunjukkan terbentuknya tiga *cluster* dengan karakteristik dinamika kasus yang berbeda. Untuk mendukung interpretasi hasil pengelompokan tersebut, dilakukan visualisasi grafik *time series* yang dibangun berdasarkan data mentah kasus DBD selama periode 2018–2024. Visualisasi ini memberikan gambaran mengenai kecenderungan perubahan kasus serta pola fluktuasi pada masing-masing *cluster* sebagai dasar dalam memahami karakteristik temporal wilayah yang terbentuk.



**Gambar 5.** Grafik Time Series kasus DBD

Berdasarkan grafik *time series* pada Gambar 5, hasil *Hierarchical Clustering* menunjukkan adanya perbedaan pola temporal kasus DBD antar *cluster* selama periode 2018–2024. Cluster 1 menunjukkan pola fluktuatif menengah, dengan peningkatan kasus pada periode awal pengamatan, penurunan yang cukup signifikan pada tahun 2020–2021, serta peningkatan kembali pada tahun-tahun berikutnya tanpa lonjakan ekstrem, yang mencerminkan dinamika DBD yang dipengaruhi oleh faktor musiman. Cluster 2 dicirikan oleh pola temporal dengan jumlah kasus yang relatif rendah dan stabil sepanjang periode pengamatan, tanpa lonjakan kasus yang signifikan sebelum maupun setelah periode pandemi. Sebaliknya, Cluster 3 menunjukkan pola temporal dengan jumlah kasus yang relatif tinggi hampir di seluruh periode pengamatan, ditandai oleh penurunan pada tahun 2020–2021 dan peningkatan yang cukup tajam pada tahun 2024, sehingga mengindikasikan kondisi endemis dengan potensi terjadinya outbreak dan memerlukan perhatian lebih dalam upaya pengendalian DBD.

### 3.5 Evaluasi Klaster

Evaluasi kualitas clustering pada kasus HIV dilakukan menggunakan nilai *Silhouette Coefficient* untuk jumlah cluster antara dua hingga enam.

**Tabel 8.** Hasil Nilai Silhouette Coefficient kasus HIV dan DBD

Cluster	Nilai SC HIV	Nilai SC DBD
2	0.182	0.353
3	0.197	0.408
4	0.151	0.322
5	0.131	0.313
6	0.142	0.310

Tabel 8 memperlihatkan hasil nilai evaluasi cluster menggunakan *Silhouette Coefficient* untuk kedua penyakit menular, DBD dan HIV. Berdasarkan hasil evaluasi, konfigurasi tiga *cluster* menghasilkan nilai *Silhouette* tertinggi pada kedua jenis penyakit, yaitu sebesar 0.408 untuk DBD dan 0.197 untuk HIV, dibandingkan dengan jumlah cluster lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa pembentukan tiga *cluster* memberikan konfigurasi yang paling representatif secara relatif dalam menggambarkan perbedaan pola temporal kasus antar wilayah. Pada kasus DBD, nilai tersebut mengindikasikan struktur *cluster* yang terbentuk cukup jelas dan mencerminkan perbedaan pola temporal antar kabupaten/kota yang relatif kontras. Sedangkan nilai *silhouette coefficient* pada kasus HIV tergolong rendah yang menunjukkan adanya tumpang tindih antar *cluster* dan struktur pengelompokan yang relatif lemah. Kondisi ini berkaitan dengan kompleksitas dan heterogenitas pola temporal kasus HIV pada tingkat wilayah, sehingga variasi pola antar kabupaten/kota cenderung kurang kontras. Meskipun demikian, konfigurasi tiga *cluster* dinilai paling sesuai secara relatif, konsisten dengan struktur dendrogram *Hierarchical Clustering* pada masing-masing penyakit, serta masih mampu menangkap perbedaan pola temporal yang teridentifikasi pada visualisasi deret waktu.

### 3.6 Kesimpulan Hasil Pengolahan Data

Tahap ini difokuskan pada interpretasi hasil klusterisasi untuk mengidentifikasi kesesuaian dan perbedaan karakteristik pola temporal kasus DBD dan HIV pada kabupaten/kota yang sama. Hasil klusterisasi masing-masing penyakit disandingkan untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai variasi beban penyakit menular antar wilayah.

**Tabel 9.** Hasil clustering penyebaran penyakit HIV dan DBD periode 2018-2024

Nama Kabupaten/Kota	Cluster HIV	Cluster DBD
Kab. Bangkalan	1	3
Kab. Banyuwangi	3	3
Kab. Jombang	3	2
....	....	....
Kab. Lumajang	2	3

Tabel 9 menyajikan hasil pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan *cluster* DBD dan HIV selama periode 2018–2024. Berdasarkan tabel tersebut, beberapa wilayah menunjukkan konsistensi berada pada *cluster* dengan tingkat kasus relatif tinggi atau *cluster* 3 pada kedua penyakit, seperti Kabupaten Banyuwangi, Kota Pasuruan, dan Kota Probolinggo. Kondisi ini mencerminkan adanya beban penyakit ganda dalam satu wilayah sehingga tantangan pengendalian penyakit yang lebih kompleks. Wilayah dengan karakteristik tersebut berpotensi memerlukan prioritas intervensi terpadu, meliputi penguatan sistem surveilans, peningkatan kapasitas layanan kesehatan, serta implementasi program pencegahan yang berkelanjutan dan terintegrasi antar penyakit.

Di sisi lain, terdapat wilayah yang berada pada *cluster* tinggi untuk DBD namun menengah atau rendah untuk HIV, serta sebaliknya, yang menunjukkan bahwa dinamika kedua penyakit tidak selalu berjalan searah. Perbedaan ini berkaitan dengan karakteristik epidemiologis DBD yang dipengaruhi faktor lingkungan dan musiman [24], sedangkan HIV lebih berkaitan dengan faktor sosial dan perilaku [25], sehingga menghasilkan pola temporal yang berbeda meskipun terjadi pada wilayah geografis yang sama. Hasil integrasi *cluster* menunjukkan sekitar 47,7% kabupaten/kota berada pada *cluster* tinggi yang sama untuk kasus HIV dan DBD, sedangkan 52,6% wilayah lainnya menunjukkan perbedaan tingkat *cluster*, yang menandakan bahwa dinamika temporal kedua penyakit tidak selalu sejalan.

## 4. KESIMPULAN

Dengan menggunakan metode *dynamic time warping* dan *hierarchical clustering*, penelitian ini berhasil menganalisis dan membandingkan pola temporal kasus DBD dan HIV tingkat kabupaten dan kota Provinsi Jawa Timur. Hasil analisis menunjukkan bahwa tiga *cluster* utama mewakili pola temporal kedua penyakit tersebut secara relatif paling optimal. Untuk klusterisasi DBD, nilai *silhouette coefficient* sebesar 0,408 menunjukkan struktur *cluster* yang cukup jelas dengan perbedaan pola temporal yang kontras antarwilayah. Sebaliknya, untuk klusterisasi HIV, nilai *silhouette coefficient* sebesar 0,197 menunjukkan struktur *cluster* yang kurang kuat dengan tingkat tumpang tindih antarwilayah yang cukup tinggi. Hal ini mencerminkan kecenderungan pola temporal HIV yang relatif serupa dan berkembang secara gradual di banyak wilayah sehingga perbedaan dinamika kasus antar kabupaten/kota sulit dipisahkan secara tegas oleh algoritma *clustering*. Meskipun demikian, hasil klusterisasi tetap memberikan gambaran variasi beban penyakit berbasis dinamika temporal. *Cluster* yang terbentuk merepresentasikan wilayah dengan pola kasus relatif stabil, wilayah dengan fluktuasi atau kecenderungan peningkatan kasus, serta wilayah dengan beban penyakit yang persisten selama periode pengamatan. Beberapa wilayah perkotaan seperti Kota Pasuruan, Kota Probolinggo dan Kabupaten Banyuwangi menunjukkan kecenderungan berada pada cluster dengan beban kasus relatif tinggi baik pada DBD maupun HIV, yang mengindikasikan adanya tantangan beban penyakit ganda dalam satu wilayah. Hasil integrasi *cluster* menunjukkan sebanyak 47,4% wilayah berada pada *cluster* tinggi yang sama untuk HIV dan DBD, sementara 52,6% lainnya menunjukkan perbedaan dinamika temporal kedua penyakit. Temuan ini menegaskan bahwa

kerawanan penyakit menular tidak hanya ditentukan oleh besarnya jumlah kasus, tetapi juga oleh pola dan kecenderungan perubahan kasus dari waktu ke waktu. Pendekatan klasterisasi berbasis temporal dapat memberikan informasi tambahan yang relevan dalam mendukung penentuan wilayah prioritas pengendalian penyakit. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada penggunaan data agregat tahunan yang belum mampu menangkap variasi musiman secara rinci serta belum mengintegrasikan variabel kontekstual seperti faktor lingkungan, mobilitas penduduk, dan karakteristik sosial ekonomi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan data dengan resolusi waktu yang lebih tinggi, menambahkan variabel pendukung, serta mengkombinasikan analisis temporal dengan pendekatan spasial guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika penyakit menular.

## REFERENCES

- [1] M. F. Salim, T. B. T. Satoto, and Danardono, “Predicting Spatio-Temporal Dynamics Of Dengue Using INLA (Integrated Nested Laplace Approximation) In Yogyakarta, Indonesia,” *BMC Public Health*, vol. 25, no. 1, Dec. 2025, doi: 10.1186/s12889-025-22545-2.
- [2] World Health Organization, “Dengue and Severe Dengue,” WHO Fact Sheet, 21 Agt. 2025. Available : <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>.
- [3] Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur, “Karakteristik Vektor Penyebab Infeksi Dengue,” Dinkes Jatim, 13 Jan. 2025. [Online]. Available: <https://dinkes.jatimprov.go.id/index.php>
- [4] Mamenun, Y. Koesmaryono, A. Sopaheluwakan, R. Hidayati, B. D. Dasanto, and R. Aryati, “Spatiotemporal Characterization of Dengue Incidence and Its Correlation to Climate Parameters in Indonesia,” *Insects*, vol. 15, no. 5, May 2024, doi: 10.3390/insects15050366.
- [5] Natasya, S. N. Maharani, and Misna, “HIV/AIDS : Update Terkini di Indonesia,” *Protein : Jurnal Ilmu Keperawatan dan Kebidanan*, vol. 3, no. 1, pp. 27–36, Dec. 2024, doi: 10.61132/protein.v3i1.918.
- [6] Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur, “Kadinkes Jatim Sebut Estimasi ODHIV di Jawa Timur ada 65.238 Orang,” Kominfo Jatim, 4 Dec. 2023. [Online]. Available: <https://kominfo.jatimprov.go.id/berita/kadinkes-jatim-sebut-estimasi-odhiv-di-jawa-timur-ada-65-238-orang>
- [7] F. Nurdiansyah and Y. Yunengsih, “Analisis Laporan Surveilans Demam Berdarah Dengue (DBD) Rawat Inap 2024 RSUD Kota Bandung,” *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 8, no. 2, pp. 2980–2989, Jul. 2024, doi: 10.31004/prepotif.v8i2.29502.
- [8] C. Christine, G. S. G. Fitri, and M. Mustafa, “Epidemiologi Demam Berdarah Dengue di Kota Palu Tahun 2019 – 2023,” *Banua: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 4, no. 2, pp. 57–65, Dec. 2024, doi: 10.33860/bjkl.v4i2.4075.
- [9] I. Sufiyana Jannatin and P. Yuniar, “Spatial Analysis of Dengue Hemorrhagic Fever Case Distribution in West Java Province 2023,” *Preventif : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 16, no. 1, pp. 63–76, Apr. 2025, doi: 10.22487/preventif.v16i1.1835.
- [10] A. Habibi and T. Y. M. Wahyono, “Tren Penyakit Human Immunodeficiency Virus (HIV) di Kota Depok Tahun 2022 2024,” *Jurnal Ners*, vol. 10, no. 1, pp. 327–332, Nov. 2025, doi: 10.31004/jn.v10i1.51589.
- [11] R. Rosnita, N. S. Murni, and A. Wahyudi, “Kejadian Human Immunodeficiency Virus (HIV) di Kota Palembang,” *Jurnal Akademika Baiturrahim Jambi*, vol. 13, no. 2, pp. 385–395, Sep. 2024, doi: 10.36565/jab.v13i2.863.
- [12] H. Fransiska, “Clustering Provinces in Indonesia Based on Daily Covid-19 Cases,” *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Apr. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1863/1/012015.
- [13] M. Yohansa, K. A. Notodiputro, and E. Erfiani, “Dynamic Time Warping Techniques for Time Series Clustering of Covid-19 Cases in DKI Jakarta,” *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, vol. 13, no. 2, pp. 63–73, Nov. 2022, doi: 10.21512/comtech.v13i2.7413.
- [14] D. Astuti, D. Y. Hartanti, S. T. Nurhayanti, and H. Fransiska, “Clustering and Forecasting of Covid-19 Data in Indonesia,” *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, vol. 18, no. 3, pp. 324–335, May 2022, doi: 10.20956/j.v18i3.18882.
- [15] A. Rachmawati, M. Hafid, and D. Irmayanti, “Analisis Clustering Penyebaran Corona Virus Disease 2019 (Covid-19) di Indonesia Tahun 2021 Menggunakan Algoritma K-Means,” *Jurnal Aplikasi dan Teori Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 1, pp. 42–50, Mar. 2024, doi: 10.17509/jatikom.v7i1.49050.
- [16] Badan Pengelola Informasi dan Data Open Data Provinsi Jawa Timur. Jumlah Penyakit Menular. Open Data Jawa Timur; 28 Mei 2025.
- [17] F. Q. Yusfila, B. K. Khotimah, D. R. Anamisa, and A. T. Ni'mah, “Klasifikasi Penyakit Hepatitis C dengan Menggunakan K-Nearest Neighbor,” *Sains Data Jurnal Studi Matematika dan Teknologi*, vol. 3, no. 1, pp. 33–42, Jun. 2025, doi: 10.52620/sainsdata.v3i1.205.
- [18] L. Fathiyaturrahmi, Andriano, H. Almiatus Soleha, and D. Dwi Prastyo, “Perbandingan Complexity Invariant Distance (CID) Dan Dynamic Time Warping (DTW) dalam Analisis Klaster Deret Waktu Pada Nilai Tukar Petani di Indonesia” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 12, no. 4, pp. 2355–7699, Aug. 2025, doi: 10.25126/jtiik.124.
- [19] N. W. Bonitta and A. H. Primandari, “Analisis Clustering Tingkat Pengangguran Terbuka di Provinsi DIY Tahun 2010-2022 dengan Dynamic Time Warping,” *Emerging Statistics and Data Science Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 135–144, Apr. 2024, doi: 10.20885/esds.vol2.iss.1.art13.
- [20] Y. Rahkmawati and S. Annisa, “Clustering Time Series Using Dynamic Time Warping Distance in Provinces in Indonesia Based on Rice Prices,” *TIERS Information Technology Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 115–121, Dec. 2023, doi: 10.38043/tiers.v4i2.5081.
- [21] P. Novitasari and I. Arofah, “Penerapan Metode Clustering Average Linkage Untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara Berdasarkan Indikator Kemiskinan,” *MathVision : Jurnal Matematika*, vol. 5, no. 1, pp. 22–27, Mar. 2023, doi: 10.55719/mv.v5i1.604.
- [22] W. Maulidiyah, H. D. Rahmasari, K. A. Notodiputro, Y. Angraini, and L. N. A. Mualifah, “Flood Risk Clustering Based on SARIMA Rainfall Prediction and Regional Mapping in Central Java,” *Journal of Mathematics, Computations and Statistics*, vol. 8, no. 2, pp. 419–435, Sep. 2025, doi: 10.35580/jmathcos.v8i2.8632.



- [23] F. Fathoni, A. Khairani, R. Nur'Aini, G. D. Gultom, I. A. Alfitrah, and A. Ibrahim, "Evaluasi K-Means dan Hierarchical Clustering dalam Segmentasi Wilayah Penerimaan Bantuan Sosial Pangan di Provinsi X," *Jutisi : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 14, no. 2, p. 1246, Aug. 2025, doi: 10.35889/jutisi.v14i2.2672.
- [24] S. Rahmah and R. Adiningsih, "Hubungan Faktor Lingkungan Dengan Kejadian Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kabupaten Majene," *Buletin Keslingmas*, vol. 41, no. 2, pp. 65–69, Jul. 2022, doi: 10.31983/keslingmas.v41i2.8777.
- [25] F. Umar, S. Nirwan, and D. Safitri, "Peran Faktor Sosial Terhadap Kejadian HIV/AIDS pada Komunitas Lelaki Seks Lelaki (LSL) di Yayasan Banuta Pura Support Kota Palu," *Jurnal Kolaboratif Sains*, vol. 7, no. 8, pp. 3054–3058, Aug. 2024, doi: 10.56338/jks.v7i8.5985.