

Pemetaan Potensi Demam Berdarah *Dengue* Berbasis *Weighted Overlay* di Kecamatan Rejoso, Kabupaten Nganjuk

Muhammad Luqmanul Hakim¹, Yushardi^{1*}, Muhammad Asyroful Mujib¹, Sri Astutik¹, Ana Susiati¹

¹Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember, Jember, Indonesia

*Email koresponden: yus_agk.fkip@unej.ac.id

Submitted: 2025-07-24 Revisions: 2025-09-11 Accepted: 2024-09-11 Published: 2025-09-21

©2025 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

©2025 by the authors. Majalah Geografi Indonesia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons

Attribution (CC BY SA) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Abstrak. Kecamatan Rejoso, Kabupaten Nganjuk mengalami peningkatan signifikan kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) dari 10 kasus pada Tahun 2023 menjadi 57 kasus pada Tahun 2024. Kenaikan kasus DBD ini diduga berkaitan dengan faktor lingkungan seperti curah hujan, kelembapan udara, suhu. Indeks kerapatan vegetasi, dan indeks kebasahan. Pemetaan spasial berbasis data citra satelit dan sistem informasi geografis telah banyak digunakan dalam studi epidemiologi, namun demikian penerapannya masih terbatas dalam konteks lokal dengan pendekatan kuantitatif berbasis fisiografi wilayah dan indeks spektral. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan potensi risiko DBD menggunakan pendekatan *weighted overlay* berbasis *Principal Component Analysis* (PCA). Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif, dengan data diperoleh melalui studi pustaka, observasi, dokumentasi, serta analisis citra satelit. Hasil PCA menunjukkan variabel paling berpengaruh adalah curah hujan (0,530), kelembapan udara (0,509) dan kerapatan vegetasi (0,421), sedangkan suhu (-0,509) dan indeks kebasahan (0,148) memberikan kontribusi yang lebih rendah. Pemetaan menunjukkan tiga kategori potensi DBD, yaitu tinggi (6 desa), sedang (4 desa), dan rendah (13 desa). Temuan ini memperlihatkan bahwa *weighted overlay* dapat digunakan sebagai alat prediksi spasial untuk mendukung mitigasi risiko dan kewaspadaan dini terhadap DBD, dengan mempertimbangkan dinamika iklim lokal dan karakteristik lingkungan wilayah.

Kata kunci: Demam Berdarah *Dengue*; Pemetaan; *Principal Component Analysis*; *Weighted Overlay*

Abstract. The Rejoso District in Nganjuk Regency experienced a significant increase in Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) cases, rising from 10 cases in 2023 to 57 cases in 2024. This increase in DHF cases is thought to be related to environmental factors such as rainfall, air humidity, temperature, vegetation density index, and wetness index. Spatial mapping based on satellite imagery data and Geographic Information Systems has been widely used in epidemiological studies, but its application is still limited in the local context, with a quantitative approach based on regional physiography and spectral index. This study aims to map the potential risk of DHF using a weighted overlay approach based on Principal Component Analysis (PCA). This study is a descriptive, quantitative research, with data collected through literature reviews, observations, documentation, and satellite image analysis. PCA results show that the most influential variables are rainfall (0.530), air humidity (0.509) and vegetation density (0.421), while temperature (-0.509) and wetness index (0.148) provide a lower contribution. The mapping revealed three categories of dengue fever potential: high (in 6 villages), medium (in 4 villages), and low (in 13 villages). These findings demonstrate that weighted overlay can be used as a spatial prediction tool to support risk mitigation and early warning of dengue fever, taking into account local climate dynamics and the region's environmental characteristics.

Keywords: Dengue Hemorrhagic Fever; Mapping; *Principal Component Analysis*; *Weighted Overlay*

PENDAHULUAN

Demam Berdarah *Dengue* (DBD) merupakan gangguan kesehatan berupa infeksi yang menjadi ancaman kesehatan bagi masyarakat di seluruh daerah beriklim tropis dan subtropis, termasuk Indonesia. Data global dilaporkan oleh *World Health Organization* (WHO) hingga akhir April 2024 tercatat lebih dari 7,6 juta kasus demam berdarah dengan 3,4 juta kasus yang telah terkonfirmasi, lebih dari 16 ribu kasus tergolong demam berdarah *dengue* parah, dan terkonfirmasi lebih dari 3.000 kematian. Situasi ini menunjukkan peningkatan sekitar tiga kali lipat lebih tinggi dari periode yang sama pada tahun 2023 (*World Health Organization*, 2024). Sementara itu, kondisi DBD hingga Juni 2024 di Indonesia, mengalami peningkatan prevalensi DBD sebesar 88.593 kasus terkonfirmasi (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia,

2024). Peningkatan prevalensi DBD pun ditemukan di wilayah Jawa Timur.

Prevalensi DBD Tahun 2023 mencapai 9.041 kasus, meningkat menjadi 29.496 kasus pada 2024 (Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur, 2025). Sementara di Kabupaten Nganjuk, tercatat 207 kasus dengan tiga kematian pada tahun 2023, meningkat tajam menjadi 1.304 kasus dengan 18 kematian di tahun 2024 (Nirwana, 2025). Berdasarkan laporan di Puskesmas Rejoso yang berada di wilayah Kabupaten Nganjuk menunjukkan, adanya peningkatan kasus DBD hampir enam kali lipat sepanjang tahun 2024, yakni sebesar 57 kasus dibandingkan jumlah pada tahun 2023 yang hanya 10 kasus.

Meningkatnya kasus DBD dari tahun 2023 hingga 2024 yang merata di berbagai wilayah di Indonesia disinyalir

sebagai dampak perubahan iklim yakni adanya fenomena *el nino* pada akhir tahun 2023 hingga pertengahan 2024 (Redaksi, 2024). Fenomena ini ditandai dengan meningkatnya suhu dan perubahan pola curah hujan yang menciptakan kondisi ideal bagi perkembangbiakan nyamuk *Aedes* sebagai vektor utama dengue. Studi terdahulu menunjukkan bahwa El Niño berkorelasi dengan peningkatan kasus penyakit berbasis vektor seperti DBD melalui peningkatan suhu dan kelembapan yang mempercepat siklus hidup nyamuk serta meningkatkan potensi penularan (Damtew *et al.*, 2023; Faridah *et al.*, 2022; Malik *et al.*, 2017; Sargent *et al.*, 2022; Semenza *et al.*, 2022)

Perubahan iklim ini berdampak pada pendeknya siklus hidup nyamuk, sehingga jumlah nyamuk dewasa meningkat dengan cepat. Nyamuk di iklim tropis hidup pada suhu berkisar pada suhu 26 - 28°C, kisaran suhu ini optimal untuk perkembangbiakan dan perkembangan telur nyamuk (Damtew *et al.*, 2023; Malik *et al.*, 2017; Ernyasih *et al.*, 2023; Rakhmatsani & Susanna, 2024; Riyanto *et al.*, 2020). Fluktuasi di luar kisaran ini dapat berdampak buruk pada dinamika populasi mereka, yang menyebabkan perubahan dalam pola penularan penyakit (Semenza *et al.*, 2022). Peningkatan suhu juga mengakibatkan replikasi virus berlangsung lebih cepat dan masa inkubasi lebih singkat sehingga penularan DBD pun menjadi lebih cepat.

Curah hujan dan kelembapan udara juga dapat mempengaruhi daur hidup nyamuk. Menurut (Purba *et al.*, 2022) curah hujan antara 100 hingga 300 milimeter setiap bulan menyebabkan kerapatan jumlah *Aedes aegypti*, sedangkan untuk kelembapan udara yang menjadi syarat daur hidup nyamuk vektor DBD adalah pada kelembapan 70-85 % (Khakim & Arum, 2024). Kelembapan tinggi yang dikombinasikan dengan curah hujan yang cukup menciptakan kondisi lingkungan yang mendukung aktivitas makan

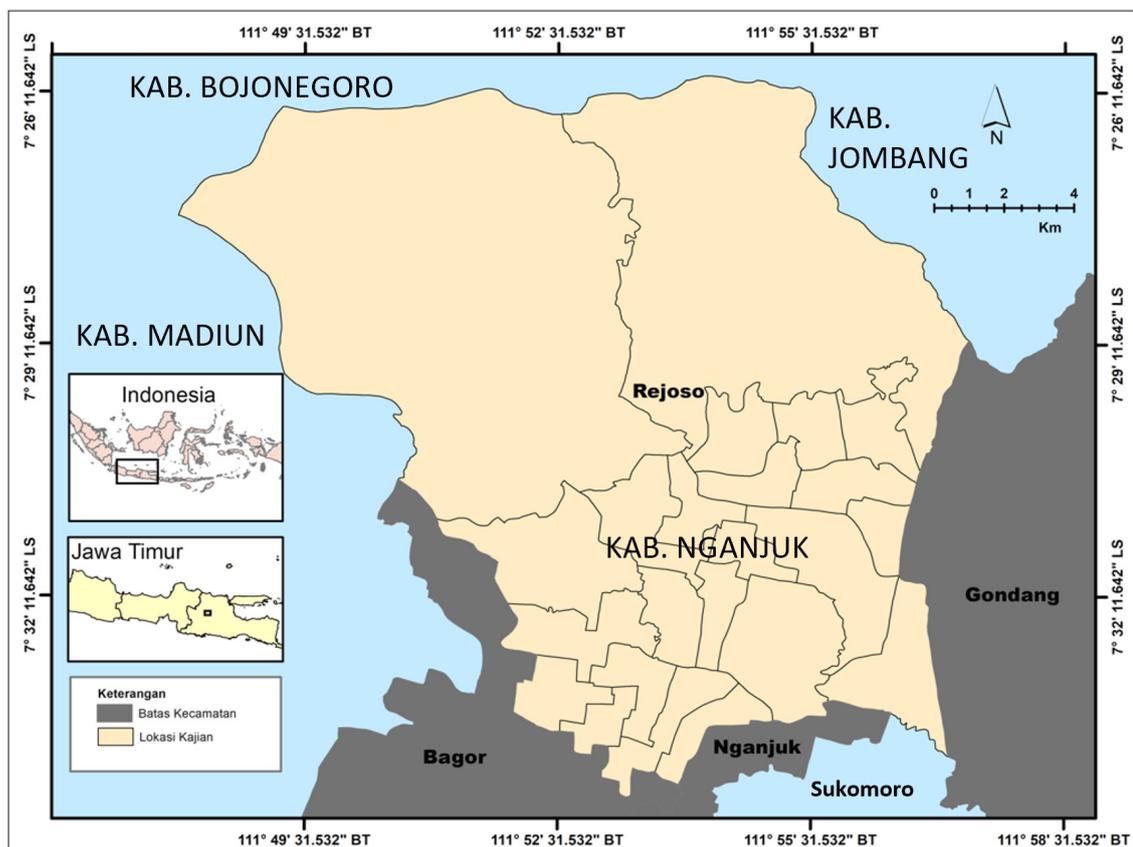
dan bertelur nyamuk, juga banyaknya genangan air yang menyebabkan peningkatan populasi dan tingkat penularan demam berdarah yang lebih tinggi (Malik *et al.*, 2017; Akbar, *et al.*, 2024). Oleh karena itu, pemahaman tentang faktor-faktor meteorologi ini sangat penting untuk memprediksi dan mengelola wabah demam berdarah terutama di daerah perkotaan, selain faktor iklim global, kondisi habitat juga sangat dipengaruhi oleh pola cuaca lokal, urbanisasi, dan perubahan penggunaan lahan (Riyanto *et al.*, 2020; Seftiani & Astuti, 2021; Widjonarko & Rudiarto, 2019).

Pemantauan risiko lonjakan kasus DBD merupakan fondasi penting bagi sistem kewaspadaan dini. Strategi yang melibatkan teknologi, data iklim, edukasi masyarakat, dan kesiapan fasilitas kesehatan akan meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pelayanan kesehatan. Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sebuah integrasi teknologi spasial di bidang kesehatan telah dimanfaatkan untuk membantu pemantauan penyebaran penyakit. Berdasarkan permasalahan penyakit DBD yang terdapat di Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk, perlu dilakukan pemetaan persebaran penyakit DBD di Kecamatan Rejoso untuk mengetahui persebaran infeksi DBD. Analisis fisiografi dan sosio-geografi dilakukan untuk menilai faktor risiko yang potensial dari masing-masing daerah terhadap kejadian DBD di Kecamatan Rejoso. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pemetaan potensi demam berdarah berdasarkan analisis fisiografi dan sosio-geografi yang dicerminkan dari hasil *weighted overlay*.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Kecamatan Rejoso merupakan salah satu wilayah administratif di Kabupaten Nganjuk yang terletak sekitar ±12 km di sebelah utara dari pusat pemerintahan kabupaten.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Wilayah ini memiliki luas sekitar $\pm 151,65 \text{ km}^2$ dengan ketinggian rata-rata 103,83 meter di atas permukaan laut (mdpl). Secara geografis, lokasi penelitian berada pada kisaran koordinat $7^{\circ}26' - 7^{\circ}32' \text{ LS}$ dan $111^{\circ}49' - 111^{\circ}58' \text{ BT}$ (Gambar 1).

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dirancang melalui paradigma deskriptif kuantitatif. Data data pada penelitian ini diperoleh melalui tiga metode yakni studi literatur, observasi, dan dokumentasi. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh data kasus demam berdarah di Puskesmas Kecamatan Rejoso selama tahun 2023 hingga 2024, observasi dilakukan untuk memvalidasi titik area badan air, untuk mendeteksi indeks kebasahan dan memvalidasi titik area kerapatan vegetasi di Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk. Metode dokumentasi digunakan untuk memperoleh data indeks spektral yang dihasilkan dari data citra satelit, *Sentinel-2A*, melalui *platform* berbasis *cloud computing* yakni *Google Earth Engine*.

Data suhu udara, kelembapan, dan curah hujan selama tahun 2023 hingga 2024 diperoleh dari data pengamatan langsung yang dikompilasi oleh Badan Pusat Statistik (BPS), yang bersumber dari 4 stasiun meteorologi Dinas Pekerjaan Umum Pengairan dan Bina Marga di wilayah Kabupaten Nganjuk. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan representasi kondisi klimatologis yang lebih akurat di lapangan, dibandingkan dengan penggunaan data citra satelit berbasis model yang belum divalidasi. Selanjutnya, data klimatologis tersebut diinterpolasi secara spasial menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) guna memetakan distribusi suhu, kelembapan, dan curah hujan di seluruh wilayah kajian. Selain itu, data indeks spektral seperti indeks kerapatan vegetasi dan indeks kebasahan tetap diperoleh melalui pengolahan citra satelit *Sentinel-2A*, yang digunakan sebagai parameter fisiografi dan lingkungan permukaan.

Metode Analisis Data

Data di analisis melalui Sistem Informasi Geografi (SIG) berbasis *software ArcGIS 10.8* menggunakan pemodelan spasial *kernel density*, *inverse distance wighting*, dan *weighted overlay*. *Weighted overlay* dilakukan berbasis analisis *Principal*

Component Analysis (PCA). Analisis data citra pada indeks kebasahan dan indeks kerapatan vegetasi menggunakan pendekatan *Normalized Difference Water Index* (NDWI) yang dijabarkan pada Persamaan 1, dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang dijabarkan pada Persamaan 2.

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (\text{Patil et al., 2024}) \quad (1)$$

di mana: *GREEN* adalah saluran hijau (*band 3*), *NIR* adalah saluran inframerah dekat (*band 8*)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (\text{Putri et al., 2021}) \quad (2)$$

di mana: *NIR* adalah saluran inframerah dekat (*band 8*), dan *RED* adalah saluran merah (*band 4*)

Klasifikasi NDWI dilakukan dengan membagi kebasahan di tiap wilayah kajian menjadi tiga kelas yakni kebasahan tinggi, kebasahan sedang, dan kebasahan rendah seperti dijabarkan pada Tabel 1. Klasifikasi NDVI dilakukan dengan membagi kebasahan di tiap wilayah kajian menjadi tiga kelas yakni non permukiman, permukiman jarang, dan permukiman rapat seperti dijabarkan pada Tabel 2.

Metode *weighted overlay* ialah suatu pendekatan dalam kajian spasial yang berfokus pada penggabungan berbagai lapisan peta tematik yang berkontribusi terhadap DBD. Analisis *weighted overlay* pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan analisis PCA yang dijabarkan pada Persamaan 3.

$$Z_i = |L_i| / \sum |L_i|, \quad (\text{Wang et al., 2025}) \quad (3)$$

dimana: Z_i adalah bobot variabel ke i , L_i adalah nilai *loading* variabel i pada *Principal Component* (PC), dan $\sum L_i$ adalah Jumlah total nilai *loading* absolut pada PC.

Secara ringkas, diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Gambar 2.

Tabel 1. Klasifikasi NDWI

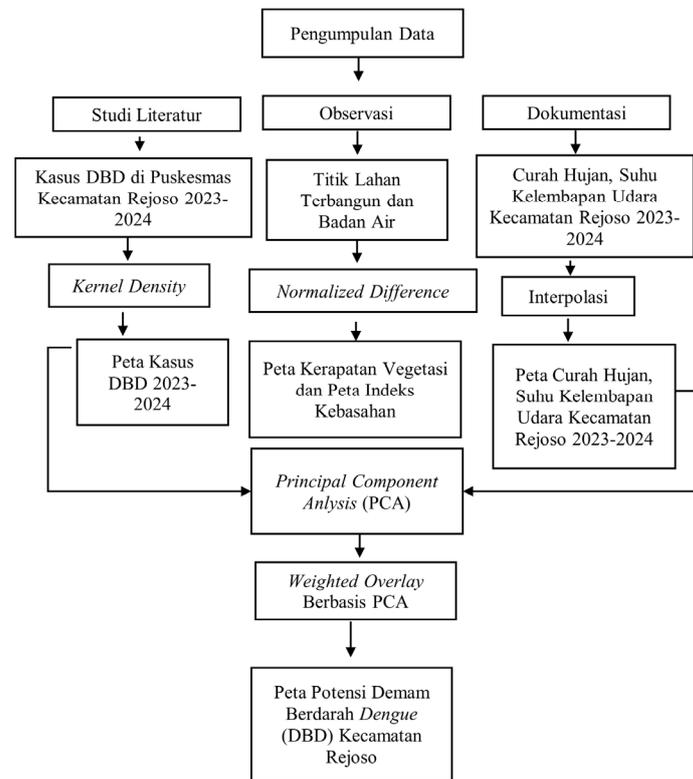
Nilai	Klasifikasi
(-0,84) - (-0,51)	Kebasahan Rendah
(-0,51) - (-0,02)	Kebasahan Sedang
(-0,02) - (0,61)	Kebasahan Tinggi

Sumber: Modifikasi dari Diah et al. (2022)

Tabel 2. Klasifikasi NDVI

Nilai	Klasifikasi
(- 0,33) - (-0,11)	Non Vegetasi
(-0,11) - (0,34)	Kehijauan Sangat Rendah
(0,34) - (0,47)	Kehijauan Rendah
(0,47) - (0,61)	Kehijaun Sedang
(0,61) - (0,87)	Kehijauan Tinggi

Sumber: Modifikasi dari Putri et al. (2021)



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kasus DBD 2023 – 2024 Berdasarkan Pemodelan Kernel Density

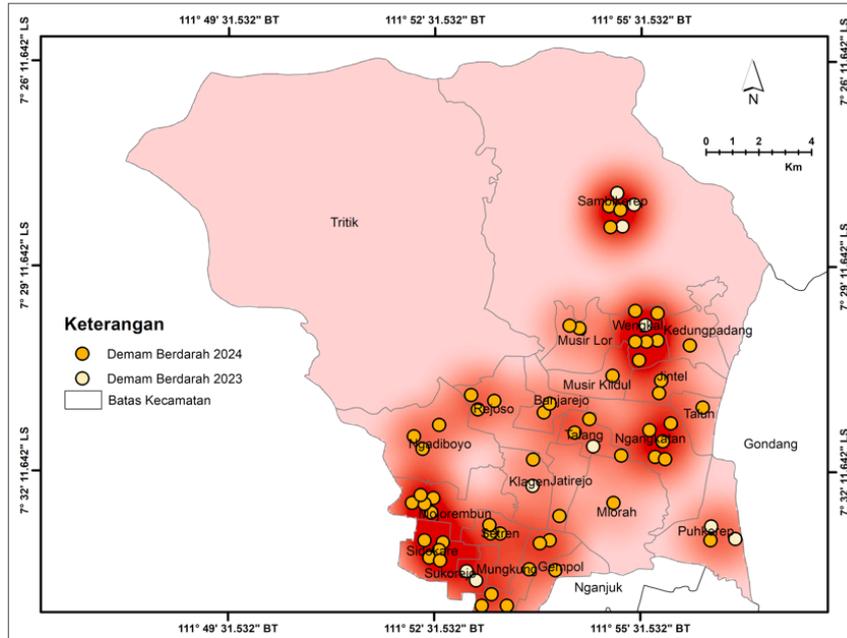
Berdasarkan hasil studi literatur yang diperoleh dari Puskesmas Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk terdapat total 67 kasus DBD di Kecamatan Rejoso selama 2023-2024 yang tersebar di 23 desa yakni Desa Ngadiboyo, Setren, Gempol, Sukorejo, Mojorembun, Mungkung, Sidokare, Tritik, Klagen, Jintel, Talun, Banjarejo, Jatirejo, Talang, Rejoso, Musir Lor Musir Kidul, Sambikerep, Wengkal, Kedungpadang, Puhkerep, Mlorah, dan Ngangkatan. Hasil pengolahan data menggunakan pemodelan *kernel density* mengidentifikasi bahwa DBD di Kecamatan Rejoso termasuk pada kategori mengelompok. Tingkat potensi berdasarkan hasil *kernel density* terbagi tiga yakni rendah 13 desa, potensi sedang di empat desa, dan potensi tinggi di enam desa yakni Desa Sambikerep, Sidokare, Mojorembun, Ngangkatan, Mungkung dan Wengkal.

Penggunaan *kernel density* dalam analisis spasial kasus DBD di Kecamatan Rejoso memberikan gambaran pola persebaran kasus yang cenderung mengelompok pada wilayah tertentu. Identifikasi wilayah endemis idealnya memerlukan data sebaran kasus minimal lima tahun untuk mengamati konsistensi pola tahunan (seperti di Riyanto *et al.*, 2020)), meskipun begitu, dalam penelitian ini analisis dilakukan berdasarkan data dua tahun terakhir (2023–2024) karena keterbatasan ketersediaan data spasial di tingkat desa. Data sebelum tahun 2023 yang tersedia dari instansi terkait hanya tersimpan dalam bentuk agregat per kecamatan dan tidak dapat direkonversi ke level desa akibat pembaruan sistem. Oleh karena itu, interpretasi dalam penelitian ini bersifat indikatif dan bertujuan untuk menunjukkan potensi spasial berdasarkan kondisi terkini, bukan sebagai penetapan status endemis secara resmi. Indikasi pola spasial kasus DBD di Kecamatan Rejoso ditampilkan pada Gambar 3.

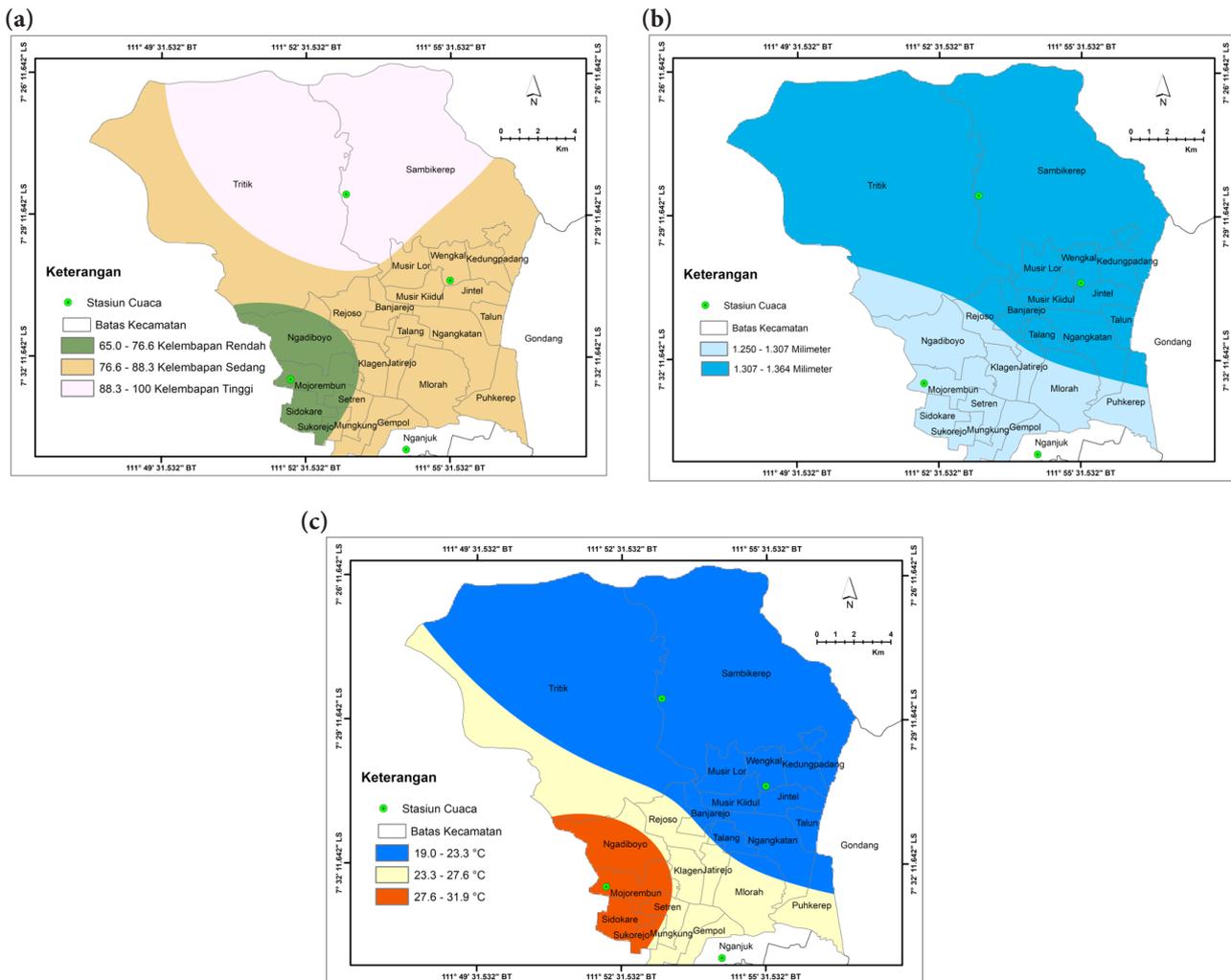
Penerapan analisis *kernel density* telah terbukti sebagai alat penting dalam memetakan persebaran penyakit DBD, terutama dalam meningkatkan pemahaman terhadap pola spasial dan identifikasi zona risiko tinggi. Mahato *et al.* (2025) memanfaatkan *kernel density estimation* untuk memetakan insiden DBD di Nepal dan mengidentifikasi zona risiko tinggi secara akurat. Di Indonesia, Faridah *et al.* (2021) juga menerapkan metode ini untuk menganalisis tren spasial dan temporal pasien DBD di Kota Bandung, mengungkapkan kluster tetap di wilayah berisiko tinggi selama tiga tahun berturut-turut. Riyanto *et al.* (2020) juga menunjukkan efektivitas *kernel density* dalam menggambarkan konsentrasi kasus DBD di Kecamatan Purwosari selama periode 2011–2017. Lebih lanjut, studi oleh Triana *et al.* (2023) mengintegrasikan metode ini dengan data demografi dan iklim untuk memodelkan kerentanan wilayah terhadap DBD di Bengkulu. Temuan-temuan ini menegaskan bahwa pendekatan *kernel density* tidak hanya membantu visualisasi spasial, tetapi juga mendukung perumusan kebijakan intervensi berbasis lokasi dalam respon cepat terhadap wabah DBD.

Potensi DBD Berdasarkan Parameter Fisiografi dan Indeks Spektral

Siklus hidup nyamuk di Kecamatan Rejoso diamati berdasarkan 3 parameter fisis yakni curah hujan, suhu, dan kelembapan udara. Hasil analisis suhu dan kelembapan dilokasi kajian berdasarkan data BPS yakni suhu rata-rata $27,6^{\circ}\text{celcius}$, suhu minimum $19,0^{\circ}\text{celcius}$, suhu maksimum $31,9^{\circ}\text{celcius}$. Nyamuk *Aedes aegypti* berkembang dengan baik pada suhu lingkungan 25 derajat *celcius* hingga 30 derajat *celcius* (Rakhmatsani & Susanna, 2024). Suhu rata-rata di ketiga area potensi tersebut tercatat sebesar 23,3-27,6 derajat *celcius*. Hasil analisis kelembapan di Kecamatan Rejoso berdasarkan data BPS kelembapan tinggi yakni 88,3-100%,



Gambar 3. Peta Kasus DBD Berbasis Kernel Density



Gambar 4. (a) Peta Kelembapan; (b) Peta curah hujan; dan (c) Peta suhu udara di Kecamatan Rejosorejo Tahun 2023- 2024

kelembapan sedang 88,3-76,6% dan kelembapan minimum 76,6-65%. Kelembapan antara 70% hingga 85% merupakan kondisi optimal bagi perkembangan nyamuk *Aedes aegypti*, yang berperan sebagai vektor utama dalam penularan DBD (Khakim & Arum, 2024). Curah hujan berdasarkan data BPS

pada ketiga area potensi DBD menunjukkan variasi yang signifikan. Berdasarkan hasil klasifikasi, wilayah dengan potensi tinggi hingga sedang memiliki curah hujan antara 1307–1364 milimeter selama dua tahun, sedangkan pada area potensi DBD sedang hingga rendah curah hujan bernilai

antara 1250–1307 milimeter. Variasi spasial kelembaban, curah hujan dan suhu di lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 4.

Berdasarkan data kasus DBD Tahun 2023–2024, terlihat bahwa kejadian kasus cenderung meningkat pada bulan-bulan dengan kombinasi suhu $>26^{\circ}\text{C}$, kelembapan $>73\%$, dan curah hujan bulanan di atas 150 mm. Misalnya, pada April 2023 tercatat peningkatan kasus dari 1 menjadi 3 kasus, seiring dengan tingginya curah hujan sebesar 1.364 mm, suhu $27,6^{\circ}\text{C}$, dan kelembapan 85%. Secara spasial, desa-desa dengan kombinasi parameter fisis tersebut juga menunjukkan konsentrasi kasus yang tinggi, seperti Mungkung (6 kasus), Sidokare (5 kasus), dan Ngangkat (5 kasus) pada tahun 2024.

Kecenderungan ini menunjukkan bahwa kombinasi suhu hangat, kelembapan tinggi, dan curah hujan yang cukup membentuk kondisi iklim mikro yang mendukung perkembangan nyamuk *Aedes*. Oleh karena itu, meskipun pola ini tidak dapat digunakan secara absolut untuk menyimpulkan status endemis (karena keterbatasan data *multiyear*), pengamatan selama dua tahun terakhir menunjukkan adanya konsistensi spasial antara parameter fisis dan peningkatan kasus di lokasi tertentu. Hal ini memperkuat argumentasi bahwa karakter fisiografis lokal memainkan peran penting dalam potensi penyebaran DBD.

Pola penyebaran kasus DBD di Kecamatan Rejoso dapat dianalisis melalui nilai indeks spektral, khususnya *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), yang mencerminkan tingkat kerapatan vegetasi di suatu wilayah (Gunasari *et al.*, 2024). Hasil pengolahan citra Sentinel-2A menunjukkan lima kategori NDVI: non vegetasi (-0,33 hingga -0,11), kehijauan sangat rendah (-0,11 hingga 0,34), kehijauan rendah (0,34 hingga 0,47), kehijauan sedang (0,47 hingga 0,61), dan kehijauan tinggi (0,61 hingga 0,87), seperti ditampilkan pada Gambar 5a.

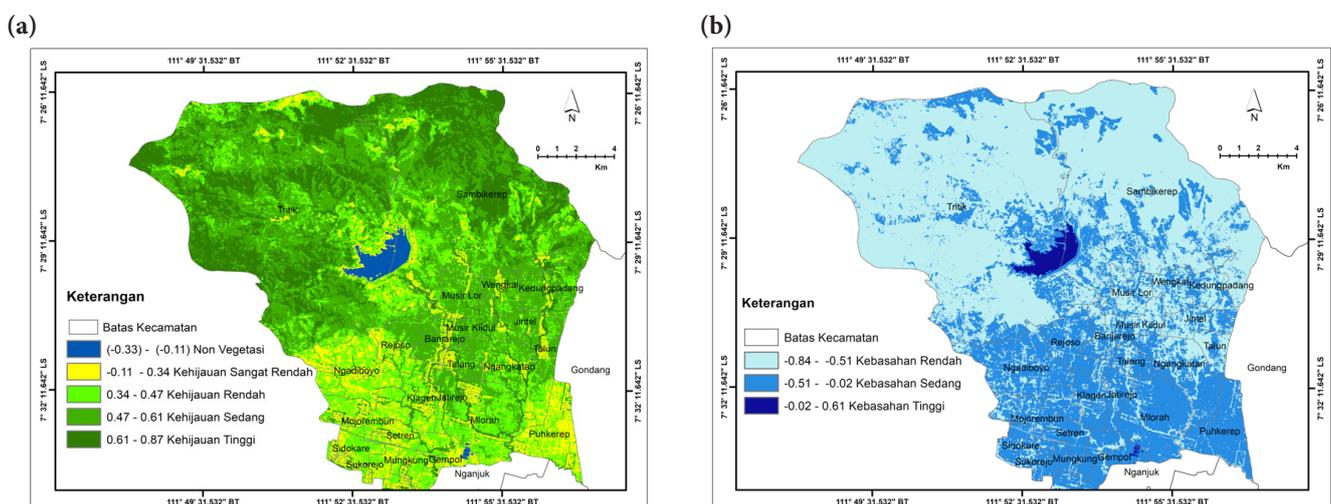
Temuan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa wilayah dengan potensi DBD tinggi umumnya memiliki nilai NDVI yang cenderung rendah hingga sangat rendah (-0,11 hingga 0,47), mengindikasikan minimnya tutupan vegetasi, yakni di Desa Sambikerep, Ngadiboyo, Mojorembun, Sidokare dan Ngangkat. Sebaliknya, wilayah dengan potensi DBD rendah didominasi oleh kehijauan sedang hingga tinggi (0,47 hingga 0,61) seperti di Desa Rejoso, Talang, Musir Lor dan Talun. Wilayah dengan kerapatan vegetasi yang lebih tinggi berpotensi mengurangi kontak langsung antara manusia

dan vektor DBD karena intensitas permukiman yang lebih rendah. Sebaliknya, beberapa desa dengan potensi DBD tinggi menunjukkan nilai NDVI yang lebih rendah, artinya minimnya vegetasi dan dominasi permukiman terbuka yang mendukung habitat perindukan nyamuk di lingkungan buatan. Pola ini menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi dapat menjadi salah satu indikator penting dalam memetakan risiko penyebaran DBD, namun hubungan ini bersifat kontekstual dan dipengaruhi oleh jenis vegetasi serta kondisi lingkungan sekitarnya.

Penelitian sebelumnya telah menegaskan kompleksitas hubungan antara kerapatan vegetasi dan epidemiologi DBD. Riyanto *et al.* (2020) menemukan bahwa vegetasi lebat, khususnya di wilayah pertanian dan perkebunan, dapat menyediakan habitat ideal bagi nyamuk *Aedes* dengan menghadirkan kelembapan tinggi dan tempat bertelur yang tersembunyi. Demikian pula, Gunasari *et al.* (2024) melaporkan bahwa perubahan tutupan lahan yang tercermin dalam variasi NDVI berdampak signifikan terhadap peningkatan kasus DBD di Kota Bengkulu. Perubahan ini mengganggu iklim mikro lokal yang mendukung siklus hidup vektor. Sementara itu, Sargent *et al.* (2022) menggunakan NDVI sebagai variabel penting dalam pemodelan risiko penularan dengue secara spasial dan menyoroti peran vegetasi dalam mempertahankan keberlangsungan hidup dan pola makan nyamuk.

Dengan demikian, hasil penelitian ini sejalan dengan literatur tersebut, bahwa kawasan dengan vegetasi rendah (nilai NDVI rendah) cenderung memiliki aktivitas manusia yang tinggi, seperti permukiman terbuka atau lahan terdegradasi, yang berkontribusi terhadap peningkatan risiko kontak manusia-vektor. Sebaliknya, kawasan dengan vegetasi sedang hingga tinggi berpotensi lebih stabil dari sisi kelembapan mikro dan memiliki lebih sedikit tempat perindukan buatan, sehingga lebih rendah potensi penularannya. Oleh karena itu, penggunaan NDVI sebagai variabel spasial dalam kajian ini menjadi penting untuk mendukung penilaian risiko DBD yang berbasis pada karakteristik lanskap ekologis.

Distribusi kasus DBD di Kecamatan Rejoso menunjukkan pola yang cenderung mengelompok, terutama pada wilayah dengan nilai kehijauan sangat rendah hingga sedang dan berada di ketinggian dataran rendah. Elevasi rata-rata wilayah kajian adalah 103,83 mdpl, dengan sebagian besar desa yang memiliki kasus tinggi terletak di kisaran elevasi 60–110 mdpl, seperti Desa Mungkung, Sidokare, Mojorembun, dan Ngangkat. Wilayah ini tidak hanya memiliki kepadatan



Gambar 5. (a) Peta NDVI; (b) Peta NDWI Kecamatan Rejoso Tahun 2023-2024

aktivitas manusia yang tinggi, tetapi juga secara topografis berpotensi mengalami genangan air saat musim hujan, yang mendukung perkembangbiakan nyamuk.

Hubungan antara elevasi dan distribusi kasus DBD telah menjadi fokus beberapa penelitian. Paomey *et al.* (2019) dan Alfiyanti & Siwiendrayanti (2021) melaporkan bahwa insiden DBD lebih sering terjadi di wilayah dataran rendah dengan kepadatan penduduk tinggi. Hal ini diperkuat oleh temuan Mahato *et al.* (2025) yang mencatat bahwa elevasi mempengaruhi distribusi spasial nyamuk *Aedes*, dengan kepadatan nyamuk yang lebih tinggi cenderung ditemukan pada elevasi menengah hingga rendah. Meskipun elevasi tinggi dapat menurunkan suhu dan membatasi reproduksi nyamuk, beberapa lokasi di elevasi menengah tetap dapat mendukung populasi vektor secara stabil karena iklim mikro yang kondusif (Muurlink & Taylor-Robinson, 2020).

Riyanto *et al.* (2020) juga menekankan bahwa variasi elevasi dalam suatu wilayah berkontribusi terhadap perbedaan spasial dalam insiden DBD, sehingga elevasi perlu dipertimbangkan dalam pemodelan spasial penyakit. Selain itu, daerah dataran rendah yang rawan banjir umumnya lebih rentan terhadap wabah DBD akibat akumulasi genangan air, yang meningkatkan tempat perindukan nyamuk secara alami maupun buatan (Muurlink & Taylor-Robinson, 2020). Oleh karena itu, untuk melihat potensi genangan air saat musim hujan di dataran rendah yang mendukung habitat nyamuk maka dikaji dengan pendekatan indeks kebasahan atau NDWI yang ditampilkan pada Gambar 5b.

NDWI memberikan gambaran indeks tingkat kebasahan wilayah yang dapat dikaitkan dengan potensi habitat vektor penyebab DBD. Hasil analisis NDWI pada wilayah tersebut menunjukkan bahwa tingkat kebasahan terbagi menjadi tiga kategori utama, yaitu kebasahan rendah dengan kisaran nilai -0,8 hingga -0,6, kebasahan sedang pada rentang nilai -0,5 hingga -0,3, serta kebasahan tinggi dengan nilai antara -0,3 hingga 1.

Analisis indeks kebasahan menggunakan NDWI menunjukkan bahwa wilayah dengan potensi DBD rendah didominasi oleh dua kategori kebasahan, yakni rendah (-0,8 hingga -0,5) dan sedang (-0,5 hingga -0,3). Desa dengan kebasahan rendah seperti Kedungpadang, Musir Lor, Musir Kidul, Jintel, dan Talun menunjukkan minimnya akumulasi

air permukaan, sehingga potensi berkembangnya vektor DBD relatif kecil. Sementara itu, delapan desa lain seperti Mlorah, Jatirejo, Klagen, Puhkerep, Sukorejo, Gempol, Banjarejo, dan Tritik memiliki indeks kebasahan sedang, yang menunjukkan adanya konsentrasi air di beberapa lokasi, namun belum cukup signifikan untuk meningkatkan risiko secara spasial (Gambar 5b).

Wilayah dengan potensi DBD sedang, seperti Talang, Rejoso, Ngadiboyo, dan Setren, juga berada dalam kategori kebasahan sedang. Sementara itu, dari enam desa yang tergolong potensi tinggi, empat di antaranya yaitu Desa Mojorembun, Sidokare, Ngangkatan, dan Mungkung memiliki nilai NDWI yang tinggi (hingga 1), menandakan keberadaan air permukaan yang melimpah dan memungkinkan habitat perindukan nyamuk. Namun, dua desa lainnya (Desa Wengkal dan Sambikerep) menunjukkan indeks kebasahan rendah, mengindikasikan bahwa kebasahan tinggi tidak selalu berkorelasi langsung dengan jumlah kasus DBD.

Hal ini sejalan dengan temuan Mahato *et al.* (2025) yang menunjukkan bahwa nilai NDWI yang tinggi tidak selalu menghasilkan perkembangan nyamuk secara masif, karena keterkaitan tersebut dipengaruhi pula oleh faktor lain seperti jenis genangan air, suhu, dan aktivitas manusia. Selain itu, indeks spektral seperti NDWI juga dapat merefleksikan area vegetasi basah seperti sawah atau lahan pertanian (Kurnianto *et al.*, 2024), yang belum tentu secara langsung menjadi lokasi perindukan vektor.

Pemetaan Potensi Demam Berdarah Dengue

Pemetaan potensi DBD dilakukan dengan metode *wieghted overlay* pada data indeks spektral curah hujan, suhu, dan kelembapan. *Weighted overlay* dilakukan dengan basis analisis PCA, hasil analisis PCA menunjukkan tiga komponen utama (*Principal Component*), dengan komponen pertama (PC1) menunjukkan nilai *eigenvalue* sebesar utama 3,51173 dan mampu menjelaskan 70,23% dari total variasi data. Komponen kedua (PC2) menyumbang 24,21% dari variasi signifikan, nilai *eigenvalue* pada komponen kedua sebesar 1,21072, dan *eigenvalue* pada komponen ketiga adalah 0,27791 namun komponen ketiga tidak memberi kontribusi signifikan sebagaimana dijelaskan pada Tabel 3, Tabel 4, dan Gambar 6.

Tabel 3. *Eigenvalue* Analisis PCA

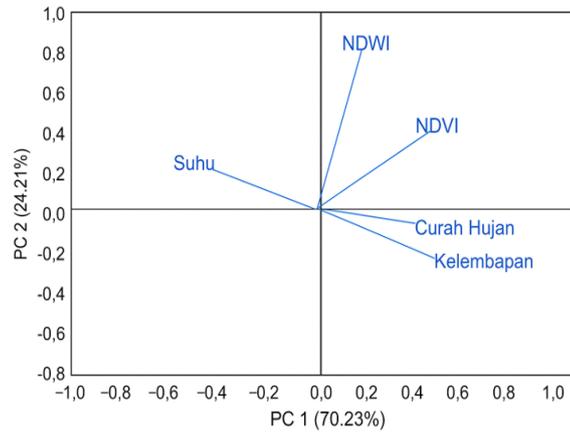
<i>Principal Component (PC)</i>	<i>Eigenvalue</i>
1	3,51137
2	1,21072
3	0,27791

Sumber: Hasil Analisis Data (2025)

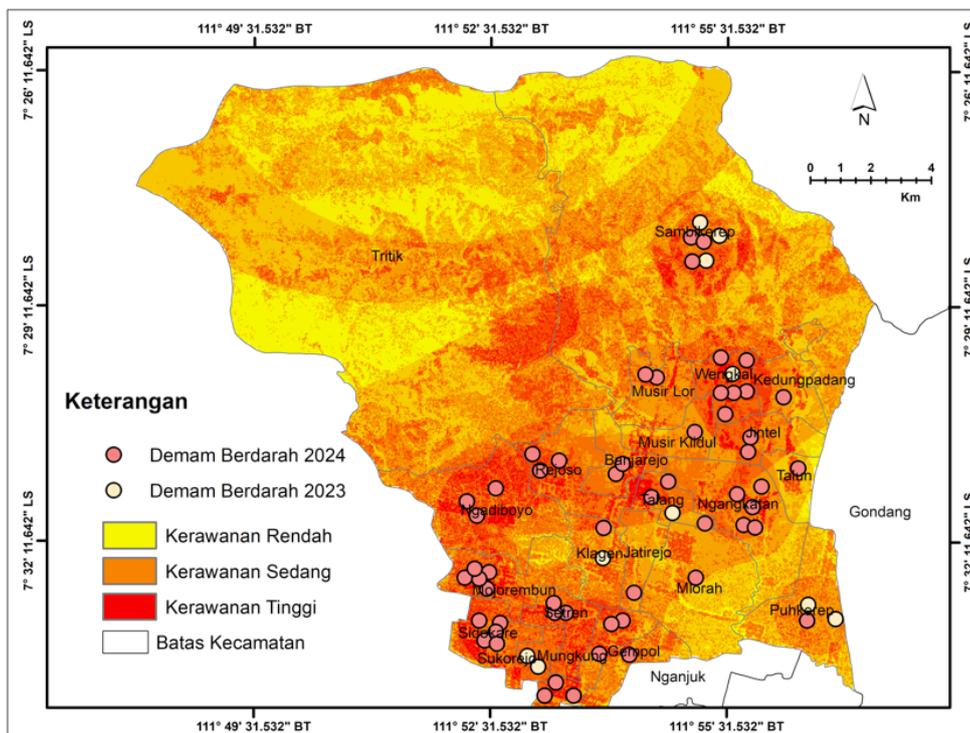
Tabel 4. *Loading Value* Analisis PCA

<i>PC 1 Loading</i>	<i>PC 2 Loading</i>	Variabel
70,23 %	24,21 %	
<i>Loading Plot</i>	<i>Loading Plot</i>	<i>Loading Plot</i>
-0,50922	0,24338	Suhu
0,50922	-0,24338	Kelembapan
0,53052	-0,09786	Curah Hujan
0,14824	0,83547	NDVI
0,42184	0,41706	NDWI

Sumber: Hasil Analisis Data (2025)



Gambar 6. Grafik *Principal Components Analysis*



Gambar 7. Peta Potensi Demam Berdarah *Dengue* Berbasis *Weighted Overlay* di Kecamatan Rejosorejo 2023-2024

Hasil analisis Principal Component Analysis (PCA) dalam penelitian ini menunjukkan bahwa variabel dengan kontribusi terbesar terhadap potensi penyebaran DBD adalah curah hujan (0,53052), diikuti oleh kelembapan udara (0,50922), indeks kerapatan vegetasi (NDVI) sebesar 0,42184, indeks kebasahan (NDWI) sebesar 0,14824, dan suhu dengan pengaruh negatif (-0,50922). Nilai loading ini mencerminkan kekuatan kontribusi masing-masing variabel terhadap komponen utama. Setelah dilakukan normalisasi nilai absolut loading, diperoleh bobot relatif untuk analisis *weighted overlay*, yaitu curah hujan (25,03%), kelembapan udara (24,02%), suhu (24,02%), NDVI (19,93%), dan NDWI (6,99%). Bobot ini menjadi dasar pemodelan spasial potensi DBD di Kecamatan Rejosorejo.

Penggunaan PCA dalam studi ini sejalan dengan pendekatan serupa dalam penelitian epidemiologi spasial DBD. Harleni (2022) menemukan bahwa dua komponen utama dalam analisis PCA terhadap kasus DBD di Sumatera Utara adalah kondisi lingkungan dan kondisi rumah, dengan total kontribusi keragaman sebesar 86,26%. Komponen

lingkungan sendiri menyumbang variasi sebesar 58,53% dan mencakup faktor-faktor seperti kelembapan dan sanitasi, yang selaras dengan temuan dominasi kelembapan dalam penelitian ini.

Penelitian (Wang *et al.*, 2025) di kawasan Asia Tenggara menunjukkan pola berbeda. Di Malaysia, PCA mengidentifikasi komponen utama sebesar 84,72%, dengan pengaruh terbesar berasal dari demografi (usia <15 tahun) dan tingkat pendidikan, sementara komponen kedua mencakup kerapatan penduduk dan NDVI. Di Thailand, suhu maksimum dan indeks vegetasi menjadi faktor dominan, sedangkan ketersediaan layanan kesehatan dan kepadatan penduduk menjadi komponen sekunder (75,25%). Hasil ini mengindikasikan bahwa pengaruh dominan variabel dapat berbeda berdasarkan konteks lokal baik geografis, sosial, maupun lingkungan.

Temuan ini juga sejalan dengan pendekatan yang dikemukakan Faridah *et al.* (2022) dan Riyanto *et al.* (2020), yang menggabungkan PCA dengan analisis spasial untuk mengidentifikasi faktor risiko DBD berdasarkan tren temporal

dan spasial, serta menunjukkan bagaimana reduksi dimensi variabel melalui PCA dapat menyederhanakan interpretasi hubungan antara lingkungan dan insiden DBD. Oleh karena itu, hasil PCA dalam penelitian ini memperkuat posisi metode ini sebagai pendekatan yang andal dalam pemetaan risiko penyakit berbasis vektor, terutama ketika dikombinasikan dengan model spasial seperti *weighted overlay*.

Berdasarkan hasil analisis *kernel density* dan *weighted overlay* terhadap variabel curah hujan, kelembapan udara, suhu, indeks kebasahan, dan indeks kerapatan vegetasi, potensi risiko DBD di Kecamatan Rejoso diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu: tinggi, sedang, dan rendah (Gambar 7). Potensi tinggi meliputi enam desa, yaitu Sambikerep, Wengkal, Mojorembun, Sidokare, Mungkung, dan Ngangkatan. Potensi sedang terdapat di empat desa yaitu Talang, Rejoso, Setren, dan Ngadiboyo. Sisanya, sebanyak 13 desa, tergolong potensi rendah yaitu Gempol, Sukorejo, Tritik, Klagen, Jintel, Talun, Jatirejo, Banjarejo, Musir Kidul, Musir Lor, Puhkerep, Kedungpadang, dan Mlorah.

Hasil klasifikasi potensi dibandingkan secara spasial dengan distribusi kasus riil DBD pada tahun 2023–2024. Sebanyak 81% kasus ditemukan di desa-desa yang tergolong potensi tinggi dan sedang, yang menunjukkan bahwa model berhasil mengidentifikasi wilayah-wilayah yang memang memiliki tingkat kasus tinggi. Validasi visual ini menunjukkan korespondensi spasial yang baik antara hasil pemodelan dan realitas epidemiologis di lapangan.

Pendekatan ini sejalan dengan penelitian Faridah *et al.* (2021), yang memvalidasi pemetaan risiko DBD berdasarkan variabel iklim dan sosial dengan membandingkan prediksi model terhadap data kasus aktual di Kota Bandung, menghasilkan akurasi tinggi dalam mengidentifikasi kluster kasus. Gunasari *et al.* (2024) menggunakan metode statistik seperti *overall accuracy* dan *Kappa coefficient* dalam mengevaluasi model berbasis NDVI dan NDBI di Kota Bengkulu, yang juga menunjukkan performa klasifikasi yang kuat. Studi Yin *et al.* (2022) lebih lanjut menekankan pentingnya akurasi dan reliabilitas dalam prediksi spasial penyakit vektor, dengan menyarankan penggunaan teknik validasi kuantitatif untuk memperkuat keandalan pemetaan epidemiologis.

Hasil pemodelan dalam penelitian ini juga konsisten dengan studi sebelumnya mengenai faktor risiko dominan DBD. Misalnya, kelembapan sebagai variabel utama dalam PCA mendukung temuan Khakim & Arum (2024) di Kabupaten Brebes. Curah hujan yang menjadi penyumbang bobot terbesar dalam model ini juga sejalan dengan hasil Ernyasih *et al.* (2023), yang menunjukkan korelasi kuat antara curah hujan dan kasus DBD di Kota Tangerang Selatan ($r = 0,309$; $p = 0,016$). Sementara itu, suhu menunjukkan korelasi lemah terhadap kasus, dengan nilai negatif, sebagaimana dilaporkan dalam studi yang sama ($r = -0,124$; $p = 0,346$).

KESIMPULAN

Pemetaan potensi demam berdarah *dengue* di Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk, dilakukan melalui *weighted overlay* (pembobotan). Pemetaan ini dikembangkan menggunakan pemodelan *kernel density*, indeks spektral, analisis *Principal Component Analysis* (PCA) serta interpolasi *Inverse Distance Weighting* (IDW). Hasil *weighted overlay* menunjukkan terdapat 3 kategori potensi DBD yakni potensi rendah di 13 desa, potensi sedang di 4 desa dan potensi tinggi di 6 desa. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa terdapat

tiga pengaruh paling kuat terhadap DBD ialah curah hujan bernilai 0,530; kelembapan udara bernilai 0,509; dan indeks kerapatan vegetasi 0,421. Sementara itu, suhu dan indeks kebasahan memiliki pengaruh yang lebih lemah terhadap pola penyebaran DBD di Kecamatan Rejoso dengan nilai komponen utama adalah -0,509 dan 0,148.

Penelitian ini menegaskan bahwa distribusi spasial DBD sangat dipengaruhi oleh dinamika iklim lokal dan karakteristik lingkungan permukaan. Oleh karena itu, intervensi kesehatan masyarakat tidak dapat lagi hanya mengandalkan pendekatan berbasis kasus, tetapi perlu mempertimbangkan konteks ekologis dan klimatologis. Kontribusi utama riset ini pada ranah keilmuan adalah integrasi pendekatan geospasial dan multivariat statistik dalam epidemiologi penyakit vektor di tingkat mikro spasial. Pendekatan ini memperluas pemahaman mengenai hubungan antara faktor lingkungan dan persebaran penyakit, serta memperkuat argumen pentingnya model prediktif berbasis data spasial untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti. Arah penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan validasi model dengan data jangka panjang (multiyear) dan integrasi variabel sosial seperti kepadatan penduduk, akses sanitasi, dan perilaku masyarakat. Pemerintah daerah dapat merancang intervensi yang lebih presisi misalnya prioritisasi desa dengan risiko tinggi untuk program pemberantasan vektor. Selain itu, hasil ini menantang pendekatan generik yang hanya mengandalkan data kasus, karena konteks lingkungan memberi dimensi tambahan dalam memahami kerentanan DBD.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Pertama mendisain alur, konten pikiran pokok, pengolahan data, finalisasi dan *layout*; **Penulis Kedua** mempertajam kajian pokok terkait iklim dan demam berdarah *dengue*; **Penulis Ketiga** mempertajam kajian pokok terkait sistem informasi geografi kesehatan, melakukan validasi pengolahan data; **Penulis Keempat** mengevaluasi konten dan literatur; **Penulis Kelima** mengevaluasi konten dan literatur.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F., Rahmadani, P., Efriza, Sulung, N., & Nurdin. (2024). Temporal And Spatial Patterns Of Dengue Geographical Distribution In Padang, Indonesia. *Jurnal Endurance : Kajian Ilmiah Problema Kesehatan*, 9(1), 2477–6521.
- Damtew, Y. T., Tong, M., Varghese, B. M., Anikeeva, O., Hansen, A., Dear, K., Bi, P. (2023). Effects of High Temperatures and Heatwaves on Dengue Fever: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ebiomedicine*, 91, 104582. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2023.104582>
- Diah, F., Satria, Y., & Adriat, R. (2022). Distribusi Spasial Tingkat Kebasahan Lahan di Kota Pontianak Menggunakan Normalized Difference Water Index (NDWI). *Prisma Fisika*, 10(3), 425–429.
- Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur. (2025, Januari). Kasus DBD meningkat, Kadinkes Jatim imbau masyarakat masifkan gerakan pemberantasan sarang nyamuk. Diakses tanggal 18 Maret 2025 dari <https://kominfo.jatimprov.go.id/berita/kasus-dbd-meningkat-kadinkes-jatim>
- Ernyasih, Trisnowati Putri, V., Lusida, N., Mallongi, A., Latifah, N., & Fajrini, F. (2023). Analisis Variasi Iklim dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, 19(1), 33–41. Retrieved from <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/JKK>
- Faridah, L., Mindra, I. G. N., Putra, R. E., Fauziah, N., Agustian, D., Natalia, Y. A., & Watanabe, K. (2021). Spatial and Temporal

- Analysis of Hospitalized Dengue Patients in Bandung: Demographics and Risk. *Tropical Medicine and Health*, 49(1). <https://doi.org/10.1186/s41182-021-00329-9>
- Faridah, L., Suroso, D. S. A., Fitriyanto, M. S., Andari, C. D., Fauzi, I., Kurniawan, Y., & Watanabe, K. (2022). Optimal Validated Multi-Factorial Climate Change Risk Assessment for Adaptation Planning and Evaluation of Infectious Disease: A Case Study of Dengue Hemorrhagic Fever in Indonesia. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 7(8), 172. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7080172>
- Gunasari, L. F. V., Pricaro, J. F., Fauzi, Y., & Triana, D. (2024). Analysis of the Incidence Rates of Dengue Hemorrhagic Fever Based on Land Cover, NDVI, and NDBI in Bengkulu City in 2018-2021. *Bio Web of Conferences*, 133, 00047. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202413300047>
- Harleni, S. (2022). Penerapan Principal Component Analysis Untuk Menentukan Faktor Yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Demam Berdarah Dengue Di Sumatera Utara. *Sepren*, 4(01), 123-130. <https://doi.org/10.36655/sepren.v4i01.788>
- Khakim, L., & Arum, S. (2024). Analisis Spasial Demam Berdarah Dengue Berdasarkan Faktor Lingkungan dan Angka Bebas Jentik. *Higeia Journal of Public Health Research and Development*, 8(2), 177-186.
- Kurnianto, F. A., Naim, M., Susiati, A., & Susanti, D. A. J. (2024). Insight into the 2021 Semeru volcano eruption from rapid monitoring of its pyroclastic deposits using Google Earth Engine and multi-sensor data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 36, 101380. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101380>
- Mahato, R. K., Htike, K. M., Sornlorm, K., Koro, A. B., Yadav, R. K., Kafle, A., & Sharma, V. (2025). Spatial Autocorrelation of Environmental Factors Influencing Dengue Outbreaks Using Moran's I: A Study From Nepal (2020-2023). *Plos One*, 20(6), e0324798. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0324798>
- Malik, A., Yasar, A., Tabinda, A. B., Zaheer, I. E., Malik, K., Batool, A., & Mahfooz, Y. (2017). Assessing Spatio-Temporal Trend of Vector Breeding and Dengue Fever Incidence in Association With Meteorological Conditions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(4). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5902-x>
- Muurlink, O., & Taylor-Robinson, A. W. (2020). The 'Lifecycle' of Human Beings: A Call to Explore Vector-Borne Diseases From an Ecosystem Perspective. *Infectious Diseases of Poverty*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40249-020-00653-y>
- Nirwana, N. (2025). Satu nyawa melayang karena DBD, Dinkes Nganjuk lakukan ini. radarnganjuk.jawapos.com hal 1. Diakses tanggal 19 Maret 2025 dari <https://radarnganjuk.jawapos.com/kesehatan/2175599707/satu-nyawa-melayang-karena-dbd-dinkes-nganjuk-lakukan-ini>
- Patil, P. P., Jagtap, M. P., & Dakhore, K. K. (2024). Drought severity estimation using NDWI in Parbhani district of Maharashtra. *1665(26)*, 225-227.
- Purba, S., Khalik, N., & Indirawati, S. M. (2022). Analisis Sebaran Spasial Kerawanan Penyakit Demam Berdarah Dengue di Kota Medan. *Jurnal Health Sains*, 3(1), 129-137. <https://doi.org/10.46799/jhs.v3i1.289>
- Putri, E. S., Widiyari, A., Karim, R. A., Somantri, L., & Ridwana, R. (2021). Pemanfaatan Citra Sentinel-2 Untuk Analisis Gunung Manglayang. *Jurnal Jurusan Pendidikan Geografi*, 9(2), 133-143.
- Rakhmatsani, L., & Susanna, D. (2024). Studi Ekologi Hubungan Iklim Terhadap Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kabupaten Bogor Tahun 2013-2022. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(2), 207-214. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.2.207-214>
- Redaksi, R. (2024 September). Solusi hadapi dampak El Nino di Nganjuk, Kementerian Pertanian luncurkan program darurat pangan. www.jawapos.or.id hal 1. Diakses tanggal 12 September 2025 dari <https://www.jawapos.or.id/2024/09/solusi-hadapi-dampak-el-nino-di-nganjuk.html>
- Riyanto, I. A., Susianti, N. A., Sholihah, R. A., Pradipta Rizki, R. L., Cahyadi, A., Naufal, M., Risky, A. S. (2020). The spatiotemporal analysis of dengue fever in Purwosari district, Gunungkidul Regency, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 52(1), 80-91. <https://doi.org/10.22146/ijg.49366>
- Sargent, Kate, Mollard, J., Henley, S. F., & Bollasina, M. (2022). Predicting Transmission Suitability of Mosquito-Borne Diseases Under Climate Change to Underpin Decision Making. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13656. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013656>
- Seftiani, S., & Astuti, Y. D. (2021). The Vulnerability of Urban Area on Climate Change and Dengue Haemorrhagic Fever (DHF): Case Study in Semarang City. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 739(1), 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/739/1/012046>
- Semenza, J. C., Rocklöv, J., & Ebi, K. L. (2022). Climate Change and Cascading Risks From Infectious Disease. *Infectious Diseases and Therapy*, 11(4), 1371-1390. <https://doi.org/10.1007/s40121-022-00647-3>
- Triana, D., Martini, M., Suwondo, A., Sofro, M. A. U., Hadisaputro, S., & Suhartono, S. (2023). Dengue Hemorrhagic Fever (DHF): Vulnerability Model Based on Population and Climate Factors in Bengkulu City. *Journal of Health Science and Medical Research*, 2023982. <https://doi.org/10.31584/jhsmr.2023982>
- Wang, Y., Li, C., Zhao, S., Lin, G., Jiang, X., Yin, S., Chong, K. C. (2025). Evaluation of dengue fever vulnerability in south and southeast asian countries: A multidimensional approach. *Journal of Infection and Public Health*, 18(9), 102849. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jiph.2025.102849>
- Widjonarko, W., & Rudiarto, I. (2019). The Spatial Pattern of Dengue Fever Risk in Semarang City. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 313(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/313/1/012008>
- World Health Organization. (2024). *WHO South-East Asia Region Epidemiological Bulletin*. Geneva.
- Yin, S., Ren, C., Shi, Y., Hua, J., Yuan, H., & Tian, L. (2022). A Systematic Review on Modeling Methods and Influential Factors for Mapping Dengue-Related Risk in Urban Settings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15265. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215265>