Jurnal EurekaMatika

Journal homepage: https://ejournal-science.upi.edu/jem/index
doi: https://doi.org/10.17509/jem.v14i1.287

Pendekatan Model Spasial dan Global untuk Mendeteksi Penyebab Kasus Demam Berdarah *Dengue* di Indonesia

*Muhammad Azhar, Hendryati Rahmi, Dewi Sri Susanti**

Jurusan Statistika, FMIPA Universitas Lambung Mangkurat
*Correspondence author: ds_susanti@ulm.ac.id

ABSTRAK

Demam Berdarah *Dengue* (DBD) merupakan penyakit akibat infeksi virus yang dapat menyebabkan kematian dan masih menjadi masalah kesehatan penting di Indonesia. Variasi kasus DBD antarwilayah menunjukkan adanya faktor lingkungan yang berbeda, sehingga diperlukan pendekatan yang mampu menangkap pola spasialnya. Penelitian ini menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) untuk menganalisis pengaruh persentase hunian layak dan persentase keluarga dengan akses sanitasi layak terhadap jumlah kasus DBD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi hunian layak, sanitasi layak, dan kasus DBD membentuk pola spasial yang tidak merata di Indonesia. Model OLS tidak mampu menggambarkan hubungan antar variabel secara seragam, sementara GWR menunjukkan adanya heterogenitas spasial yang kuat, terutama dengan koefisien positif yang tinggi pada wilayah berpenduduk padat seperti Pulau Jawa. Temuan ini mengindikasikan bahwa pengaruh hunian layak dan sanitasi layak terhadap kasus DBD bersifat spesifik lokasi, sehingga intervensi kesehatan lingkungan perlu dirancang berdasarkan karakteristik wilayah masing-masing.

© 2026 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima 10 April 2026
Direvisi 27 April 2026
Disetujui 13 Mei 2026
Tersedia online 15 Mei 2026
Dipublikasikan 15 Mei 2026

Kata Kunci:
Demam berdarah dengue,
Hunian layak,
Geographically weighted regression,
Sanitasi layak.

ABSTRACT

Dengue fever is a viral infection that can cause death and remains a major public health concern in Indonesia. The variation in dengue cases across regions indicates differing environmental factors, requiring an approach capable of capturing their spatial patterns. This study employs the Geographically Weighted Regression (GWR) method to analyze the influence of the percentage of adequate housing and the percentage of households with access to proper sanitation on the number of dengue. The results show that the distribution of suitable settlements, proper sanitation, and dengue cases exhibits uneven spatial patterns across Indonesia. The OLS model is insufficient to describe the relationships between variables in a consistent manner, whereas the GWR model indicates the presence of strong spatial heterogeneity, particularly with high positive coefficients in densely populated areas such as Java. These findings indicate that the effects of suitable settlements and proper sanitation on dengue incidence are location-specific, suggesting that environmental health interventions should be designed to the characteristics of each region.

© 2026 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

Keywords:
Dengue fever,
Geographically weighted regression,
Proper sanitation,
Suitable settlements.

1. PENDAHULUAN

Demam Berdarah *Dengue* (DBD) merupakan penyakit akibat infeksi virus *dengue* yang bersifat akut dan ditandai oleh gejala perdarahan yang dapat berkembang menjadi syok hingga menyebabkan kematian (Sukohar, 2014). Di Indonesia, DBD masih menjadi salah satu isu kesehatan masyarakat yang penting karena tingginya angka morbiditas dan mortalitas. Dalam beberapa tahun terakhir, jumlah kasus DBD menunjukkan pola fluktuatif, namun secara keseluruhan tetap berada pada tingkat yang mengkhawatirkan di berbagai wilayah (Harapan et al., 2019). Tingginya kasus DBD tersebut menuntut adanya analisis yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penyebarannya.

Faktor lingkungan permukiman merupakan salah satu aspek yang diduga memengaruhi penyebaran DBD. Hunian yang tidak layak, seperti kondisi bangunan yang kurang sehat, ventilasi yang minim, serta kepadatan hunian yang tinggi, dapat menciptakan lingkungan ideal bagi perkembangbiakan nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor DBD (Astuti et al., 2016). Selain itu, sanitasi yang tidak layak misalnya kondisi saluran air yang tergenang atau sistem pembuangan air limbah yang buruk dapat meningkatkan jumlah habitat potensial bagi nyamuk (Mawaddah et al., 2022). Oleh karena itu, tingkat kelayakan hunian dan akses sanitasi layak berpotensi menjadi faktor penting yang memengaruhi variasi kasus DBD antar wilayah.

Penyebaran kejadian DBD juga memiliki dimensi spasial (Mondini & Chiaravalloti-Neto, 2008). Wilayah yang berada dalam kedekatan geografis sering kali memiliki pola kejadian yang mirip, sehingga terdapat potensi autokorelasi spasial pada data kasus DBD (Nurhidayati et al., 2022). Analisis yang tidak mempertimbangkan aspek spasial dapat menghasilkan estimasi yang kurang tepat. Oleh karena itu, pendekatan analisis spasial diperlukan untuk menangkap variasi hubungan antar variabel secara lebih akurat (Shaweno et al., 2018).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi kasus DBD, namun umumnya menggunakan variabel yang berbeda dari variabel yang diangkat dalam penelitian ini. Misalnya, (Hidayani et al., 2020) meneliti pengaruh curah hujan dan kepadatan penduduk terhadap kejadian DBD, sementara (Yuliana et al., 2022) mengkaji pengaruh jumlah penduduk, suhu, dan kecepatan angin serta struktur autokorelasi spasialnya, menunjukkan bahwa pendekatan spasial telah digunakan dalam beberapa penelitian terkait DBD. Namun demikian, kajian-kajian tersebut belum secara spesifik menyoroti variabel hunian layak dan sanitasi layak sebagai faktor lingkungan permukiman yang berpotensi berpengaruh terhadap kasus DBD. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengisi celah tersebut dengan menekankan peran variabel lingkungan permukiman dalam analisis spasial kejadian DBD.

Untuk mengatasi adanya variasi spasial dalam hubungan antar variabel, penelitian ini menggunakan pendekatan *Geographically Weighted Regression* (GWR). Metode ini memungkinkan estimasi parameter regresi secara lokal pada setiap titik atau wilayah pengamatan, sehingga koefisien regresi dapat bervariasi sesuai lokasi (Fotheringham et al., 2009). Dengan demikian, GWR dapat memberikan gambaran yang lebih detail mengenai perbedaan pengaruh hunian layak dan sanitasi layak terhadap kasus DBD di setiap wilayah, sehingga temuan penelitian menjadi lebih relevan untuk penyusunan kebijakan berbasis lokasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh persentase hunian layak dan persentase keluarga dengan akses sanitasi layak terhadap jumlah penduduk yang terjangkit DBD di Indonesia menggunakan metode GWR. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai variasi spasial hubungan antar variabel serta menjadi dasar bagi perumusan intervensi kesehatan lingkungan yang lebih efektif dan spesifik lokasi.

2. METODE

2.1 Deskripsi Literatur yang Digunakan

Analisis spasial dapat diterapkan apabila data yang digunakan menunjukkan adanya efek spasial, salah satunya berupa heterogenitas spasial. Heterogenitas spasial mengacu pada kondisi ketika karakteristik data antarwilayah tidak seragam sehingga menandakan adanya variasi hubungan dalam konteks keruangan. Keberadaan heterogenitas ini dapat diuji menggunakan uji Breusch–Pagan (BP), dengan keputusan menolak hipotesis nol apabila nilai statistik uji BP lebih besar daripada nilai kritis $\chi^2_{(p)}$. Jika kondisi tersebut terpenuhi, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat heterogenitas spasial pada data (Tizona et al., 2017). Statistik uji Breusch–Pagan dirumuskan sebagai:

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) f^T Z (Z^T Z)^{-1} Z^T f$$

dengan vektor f memiliki elemen:

$$f_i = \frac{e_i^2}{\sigma^2} - 1$$

di mana e_i adalah residual kuadrat terkecil pada observasi ke-i, σ^2 merupakan ragam galat, dan Z adalah matriks berukuran $n \times (p+1)$ yang berisi vektor variabel penjelas terstandarisasi untuk setiap lokasi. Nilai p menunjukkan jumlah variabel independen.

Model *Geographically Weighted Regression* (GWR) merupakan pengembangan dari regresi linier yang memungkinkan setiap lokasi memiliki parameter regresi tersendiri. Dengan demikian, koefisien regresi tidak bersifat global tetapi berubah sesuai lokasi pengamatan. Variabel dependen dalam GWR diprediksi menggunakan variabel independen yang koefisiennya bergantung pada posisi geografis data. Secara umum, model GWR dituliskan sebagai (Fotheringham, 2002).

$$Yi = \beta_0(u_i, v_i) + k = \sum_{k=1}^{p} \quad \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \varepsilon_i$$

di mana Y_i adalah nilai variabel dependen pada pengamatan ke-i; $\beta_0(u_i, v_i)$ merupakan intercept pada lokasi (v_i); $\beta_k(u_i, v_i)$ adalah koefisien regresi untuk variabel bebas ke-k pada lokasi tersebut; (v_i) merupakan koordinat geografis (*longitude* dan *latitude*); X_{ik} adalah nilai variabel independen ke-k pada observasi ke-i; dan ε_i adalah galat pengamatan ke-i.

Setiap parameter dalam model GWR dihitung berdasarkan posisi geografis masing-masing titik pengamatan, sehingga nilai parameter yang dihasilkan dapat berbeda

antarwilayah. Model GWR memberikan estimasi parameter yang bersifat lokal dengan memanfaatkan pendekatan *Weighted Least Squares* (WLS). Misalkan bobot pada lokasi ke-i dinyatakan sebagai $w_i(u_i, v_i)$ untuk $i = 1, 2, \ldots, n$, maka parameter regresi pada titik (v_i) diperoleh dengan memasukkan komponen bobot tersebut ke dalam Persamaan (1) dan meminimumkan jumlah kuadrat galat berbobot, yaitu:

$$Y\varepsilon_i^2 = \sum_{j=1}^{n} \quad w_{ij}\left[Y_j - \beta_0(u_i, v_i) - \sum_{k=1}^{p} \quad \beta_k(u_i, v_i)X_{jk}\right]^2 \tag{1}$$

Selanjutnya, Persamaan (1) dapat dituliskan dalam bentuk matriks sehingga fungsi jumlah kuadrat *error* berbobot menjadi:

$$\begin{aligned} S(u_i, v_i) = {} & Y'W(u_i, v_i)Y - 2\beta(u_i, v_i)'X'W(u_i, v_i)Y \\ & + \beta(u_i, v_i)'X'W(u_i, v_i)X\beta(u_i, v_i) \end{aligned} \tag{2}$$

Untuk memperoleh penduga parameter yang optimal, Persamaan (2) diturunkan terhadap $\beta(u_i, v_i)$ dan disetarakan dengan nol, sehingga diperoleh:

$$SX'W(u_i, v_i)X\,\beta(u_i, v_i) = X'W(u_i, v_i)Y \tag{3}$$

dengan mengalikan kedua ruas Persamaan (3) dengan invers $(X'W(u_i, v_i)X)^{-1}$, estimasi parameter GWR pada lokasi ke-i dapat dinyatakan sebagai:

$$\beta(u_i, v_i) = [X'W(u_i, v_i)X]^{-1}X'W(u_i, v_i)Y$$

di mana X adalah matriks variabel independen berukuran $n \times (p+1)$, Y merupakan vektor variabel dependen berdimensi $n \times 1$, $\beta(u_i, v_i)$ adalah vektor koefisien GWR, dan $W(u_i, v_i)$ adalah matriks diagonal berukuran $n \times n$ yang memuat bobot untuk setiap observasi pada lokasi ke-i, yaitu:

$$W(u_i, v_i) = [w_{i1}\ 0\ \cdots\ 0\ 0\ w_{i2}\ \cdots\ 0\ \vdots\ \vdots\ \ddots\ \vdots\ 0\ 0\ \cdots\ w_{in}\ ]$$

Dalam GWR, keseimbangan antara tingkat kemulusan model dan kecocokan terhadap data dikendalikan oleh nilai *bandwidth* (h). Nilai h yang terlalu kecil akan menyebabkan varians estimasi meningkat karena hanya sedikit observasi yang masuk dalam radius pembobotan, sehingga model menjadi kasar. Sebaliknya, *bandwidth* yang terlalu besar dapat menghasilkan bias tinggi karena terlalu banyak data yang digunakan sehingga variasi lokal menjadi tidak tertangkap (Tizona et al., 2017). Nilai *bandwidth* optimum dapat ditentukan menggunakan metode *Cross Validation* (CV). Semakin kecil nilai CV, maka semakin baik *bandwidth* yang diperoleh. Rumus CV dinyatakan sebagai (Fotheringham, 2002):

$$CV(h) = \sum_{i=1}^{n} \quad \left(Y_i - \hat{Y}_{\neq i}(h)\right)^2$$

Pada model GWR, nilai $\hat{Y}_{-i}(h)$ merupakan penduga nilai respon pada lokasi (v_i)ketika observasi ke-i dikeluarkan dari proses estimasi, dan $n$menyatakan banyaknya sampel. Estimasi parameter $\beta(u_i, v_i)$ dalam GWR bersifat lokal untuk setiap titik pengamatan. Secara umum, penduga parameter tersebut dapat dinyatakan sebagai:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = [X'W(u_i, v_i)X]^{-1}X'W(u_i, v_i)Y$$

dengan elemen baris ke-i dari matriks W dinyatakan sebagai $w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}$.

Pembobot spasial menggambarkan kedekatan antar lokasi dan menentukan seberapa besar pengaruh suatu titik terhadap titik lainnya. Penelitian ini menggunakan fungsi pembobot *Gaussian Kernel*, yang didefinisikan sebagai (Sinaga, 2015):

$$w_{ij}(u_i, v_i) = exp\ exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)$$

dengan h sebagai nilai *bandwidth* dan d_{ij} merupakan jarak Euclidean antara lokasi ke-i dan ke-j, yang dihitung menggunakan:

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \tag{11}$$

Model GWR yang dihasilkan bersifat berbeda untuk setiap lokasi. Untuk menilai kesesuaian model (*Goodness of Fit*), dihitung koefisien determinasi R^2 model GWR, dengan rumus (Fotheringham, 2002):

$$R^2 = \frac{(TSS^W - RSS^W)}{TSS^W}$$
$$= 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} \quad w_{ij}\left(\underline{Y_i}\right)^2 - \sum_{i=1}^{n} \quad w_{ij}\left(\hat{Y}_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n} \quad w_{ij}(Y^-)^2}$$

di mana TSS adalah *total sum of squares* dan RSS adalah *residual sum of squares* dari model GWR.

Setelah memperoleh model GWR untuk setiap lokasi, dilakukan pengujian parameter baik secara simultan maupun parsial (Sinaga, 2015). Uji serentak (*F-test*) digunakan untuk menentukan apakah model GWR memberikan peningkatan signifikan dibandingkan dengan model regresi linier global. Statistik uji yang digunakan adalah:

$$F_{hitung} = \frac{(SSE_{H_0} - SSE_{H_1})/v_1}{SSE_{H_1}/\delta_1}$$

dengan SSE_{H_0} merupakan *sum of squared error* pada model regresi linier, dan SSE_{H_1} adalah *sum of squared error* model GWR. Selain itu, $v_1 = tr(I - L)$ dan $v_2 = n - tr(2L - L'L)$. Matriks L adalah matriks proyeksi untuk model GWR, yang dituliskan sebagai:

$$L = [X(u_1, v_1)[X'W(u_1, v_1)X]^{-1}X'W(u_1, v_1)\ X(u_2, v_2)[X'W(u_2, v_2)X]^{-1}X'W(u_2, v_2)$$
$$\vdots\ X(u_n, v_n)[X'W(u_n, v_n)X]^{-1}X'W(u_n, v_n)\ ]$$

Kriteria pengambilan keputusan adalah menolak H_0 jika nilai F_{hitung} lebih besar dari $F_{\alpha;v_1,v_2}$, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara model regresi global dan model GWR. Setelah pengujian parameter secara simultan dilakukan, langkah selanjutnya adalah menguji parameter secara parsial melalui *uji t* untuk mengetahui variabel mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Statistik uji yang digunakan adalah (Pamungkas et al., 2016):

$$t_k(u_i, v_i) = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{\hat{\sigma}^2\sqrt{C_{kk}}}$$

di mana C_{kk} merupakan elemen diagonal dari matriks $(X'W(u_i, v_i)X)^{-1}$. Statistik $t$mengikuti distribusi *t-Student* dengan derajat bebas $df = n - tr(L) - 1$, dan $\hat{\sigma}^2$ adalah ragam penduga error. Kriteria pengujiannya adalah menolak H_0 apabila | $t_k(u_i, v_i)$ |≥ $t_{\alpha/2;df}$, yang menunjukkan bahwa parameter $\beta_k(u_i, v_i)$ pada lokasi tersebut berpengaruh signifikan dalam model GWR.

2.2 Metode yang Digunakan

2.2.1 Pendekatan dan desain penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *cross-sectional* dengan memanfaatkan data sekunder tahun 2022 yang tersedia pada *website* https://layanandata.kemkes.go.id. Analisis dilakukan untuk mengkaji hubungan antara jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) dengan faktor lingkungan permukiman, yaitu persentase rumah tangga dengan akses hunian layak dan terjangkau serta persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak (jamban sehat) pada tingkat provinsi di Indonesia.

2.2.2 Wilayah penelitian

Wilayah penelitian mencakup seluruh provinsi di Indonesia. Unit analisis yang digunakan adalah provinsi, yang merepresentasikan variasi kondisi sosial, lingkungan, dan kesehatan masyarakat di tingkat regional. Pendekatan spasial digunakan untuk menangkap perbedaan pola dan hubungan antarvariabel antarprovinsi.

2.2.3 Data dan variabel penelitian

Data jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) diperoleh dari publikasi resmi instansi pemerintah tahun 2022 yang tersedia pada *website* https://layanandata.kemkes.go.id. Variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1) persentase rumah tangga dengan akses hunian layak dan terjangkau menurut provinsi, dan
2) persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak (jamban sehat) menurut provinsi.

Seluruh data disesuaikan dalam bentuk data spasial provinsi untuk keperluan analisis pemetaan dan pemodelan spasial.

2.2.4 Analisis spasial

Analisis spasial diawali dengan visualisasi sebaran jumlah kasus DBD dan variabel independen menggunakan peta tematik. Selanjutnya dilakukan analisis hotspot dilakukan untuk mengidentifikasi wilayah dengan konsentrasi kasus DBD yang signifikan secara spasial.

2.2.5 Analisis regresi OLS dan GWR

Sebagai tahap awal pemodelan, dilakukan analisis regresi *Ordinary Least Squares* (OLS) dengan banyak kasus DBD sebagai variabel dependen dan akses hunian layak serta

akses sanitasi layak sebagai variabel independen. Residual model OLS kemudian diuji menggunakan indeks Moran untuk mendeteksi adanya autokorelasi spasial.

Selanjutnya, untuk menangkap variasi hubungan antarvariabel secara lokal, digunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dengan variabel yang sama. Model GWR memungkinkan estimasi koefisien regresi yang berbeda pada setiap provinsi, sehingga dapat menggambarkan heterogenitas spasial pengaruh akses hunian layak dan sanitasi layak terhadap kasus DBD.

2.2.6 Perangkat lunak

Analisis spasial, regresi OLS, dan GWR dilakukan menggunakan ArcGIS, sedangkan pengolahan data deskriptif pendukung dilakukan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel.*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Deskriptif dan Eksplorasi Data

Analisis deskriptif dan eksplorasi data dari tiap variabel yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

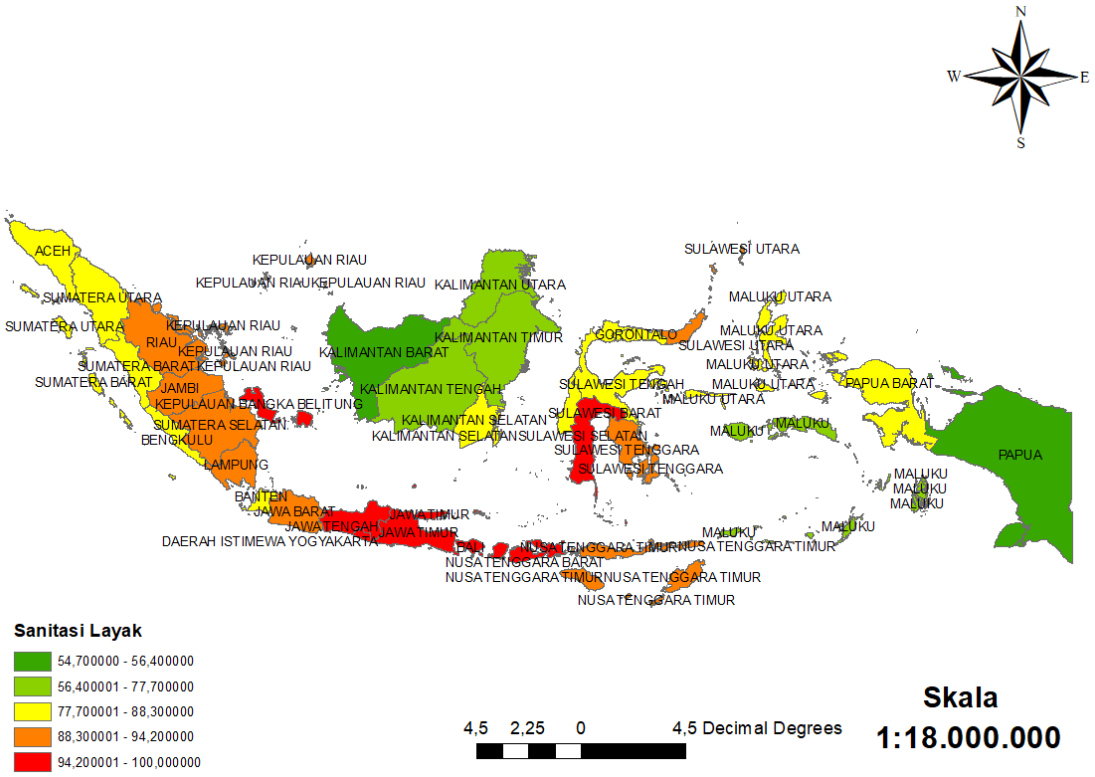
Tabel 1. Statistika Deskriptif

Variabel	Min	Max	Mean
DBD	96	36608	4065
Hunian Layak	27.28	60.06	84.94
Sanitasi Layak	54.70	100	86.62

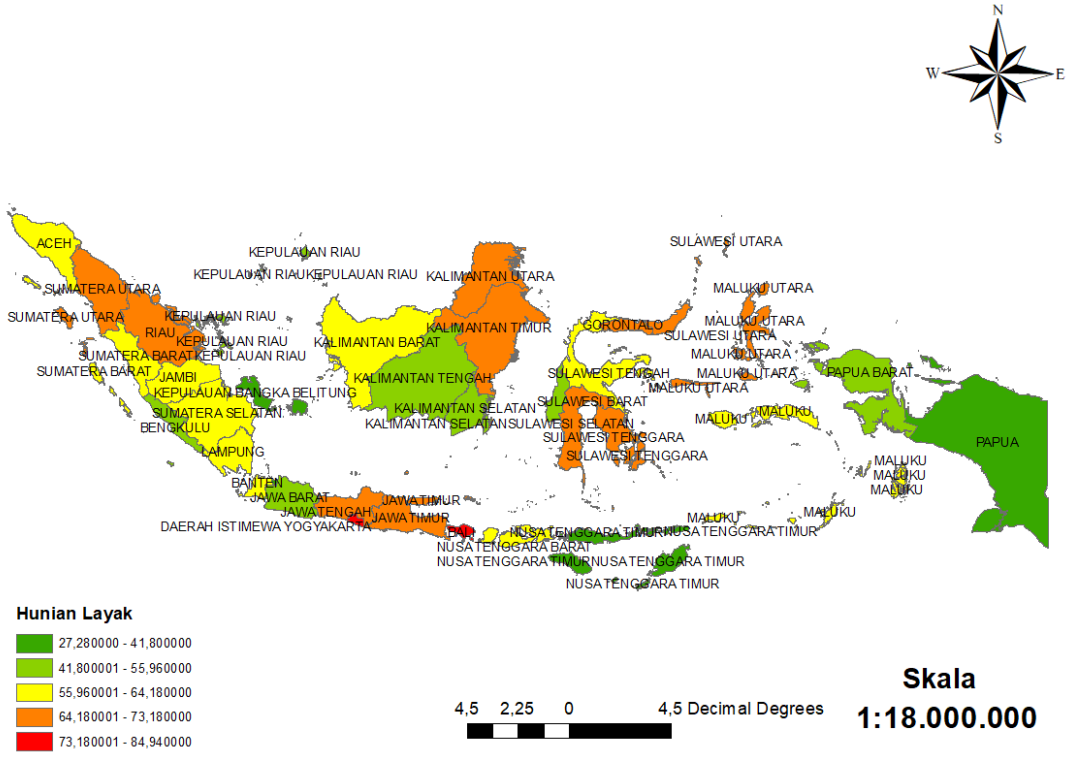
Berdasarkan Tabel 1, variabel hunian layak memiliki nilai minimum 27,28% dan maksimum 60,06%, dengan rata-rata 84,94%. Artinya, tingkat kelayakan hunian antar wilayah cukup bervariasi, dan sebagian besar wilayah memiliki proporsi hunian layak yang relatif tinggi. Sedangkan Sanitasi Layak memiliki rentang nilai antara 54,70% hingga 100%, dengan rata-rata 86,62%. Ini menunjukkan bahwa secara umum akses sanitasi layak di sebagian besar wilayah tergolong baik, meskipun masih terdapat daerah dengan persentase sanitasi yang cukup rendah.

Sementara itu, variabel jumlah penduduk yang terjangkit DBD menunjukkan nilai minimum sebesar 96 kasus dan maksimum mencapai 36.608 kasus, dengan nilai rata-rata 4.065 kasus. Hal ini menggambarkan adanya variasi yang sangat besar antar wilayah, di mana beberapa daerah mengalami jumlah kasus yang relatif rendah, sementara wilayah lain menunjukkan beban kasus yang jauh lebih tinggi. Secara keseluruhan, Tabel (1) memperlihatkan adanya perbedaan kondisi lingkungan permukiman dan sanitasi antar wilayah, yang berpotensi berkontribusi terhadap variasi jumlah kasus DBD yang diamati.

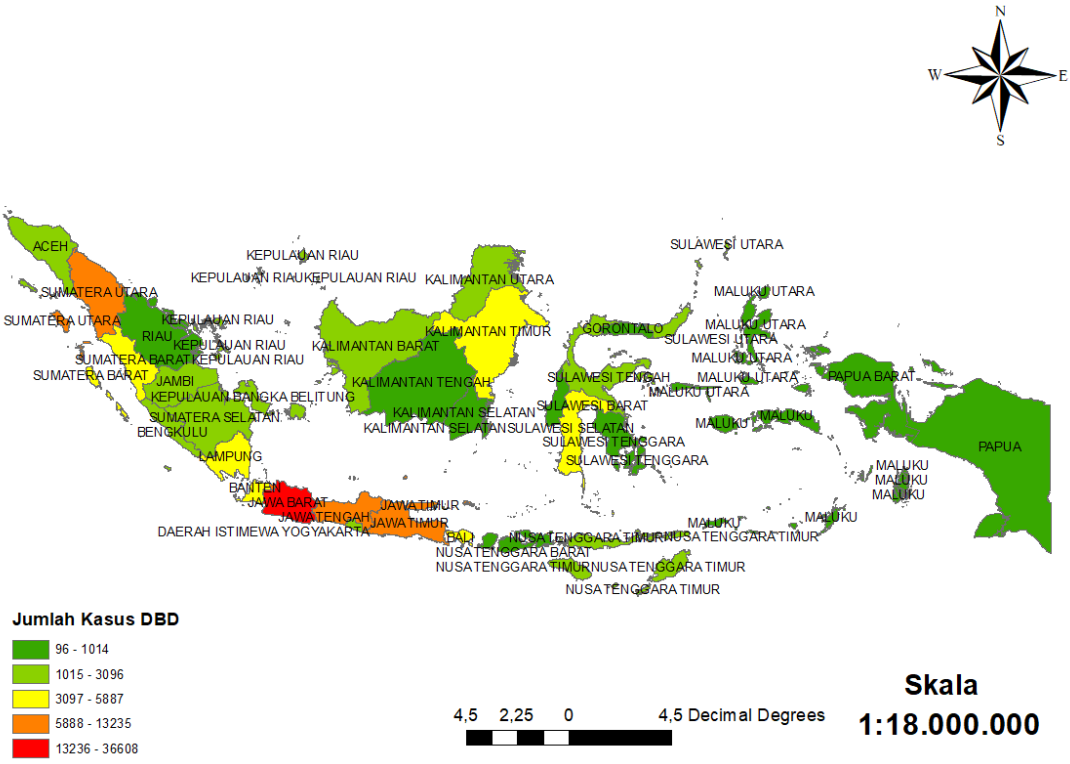
3.2 Distribusi Spasial Variabel Penelitian



Gambar 1(a) Distribusi spasial persentase rumah tangga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi layak (jamban sehat)



Gambar 1(b) Distribusi spasial persentase rumah tangga dengan akses terhadap hunian layak dan terjangkau



Gambar 1(c) Jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD)
menurut provinsi di Indonesia tahun 2022

Gambar 1(a)–1(c) menyajikan distribusi spasial persentase rumah tangga dengan akses terhadap hunian layak dan terjangkau, persentase rumah tangga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi layak (jamban sehat), serta jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) menurut provinsi di Indonesia tahun 2022. Ketiga peta tersebut digunakan untuk menggambarkan pola sebaran variabel independen dan variabel dependen secara spasial pada tingkat provinsi.

Berdasarkan Gambar 1(a), persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap hunian layak dan terjangkau menunjukkan variasi spasial antarprovinsi. Beberapa provinsi, khususnya di wilayah Indonesia bagian barat dan timur, memperlihatkan persentase yang relatif tinggi, sementara sejumlah provinsi lain berada pada kategori sedang hingga rendah. Pola ini mengindikasikan bahwa akses terhadap hunian layak belum terdistribusi secara merata di seluruh wilayah Indonesia.

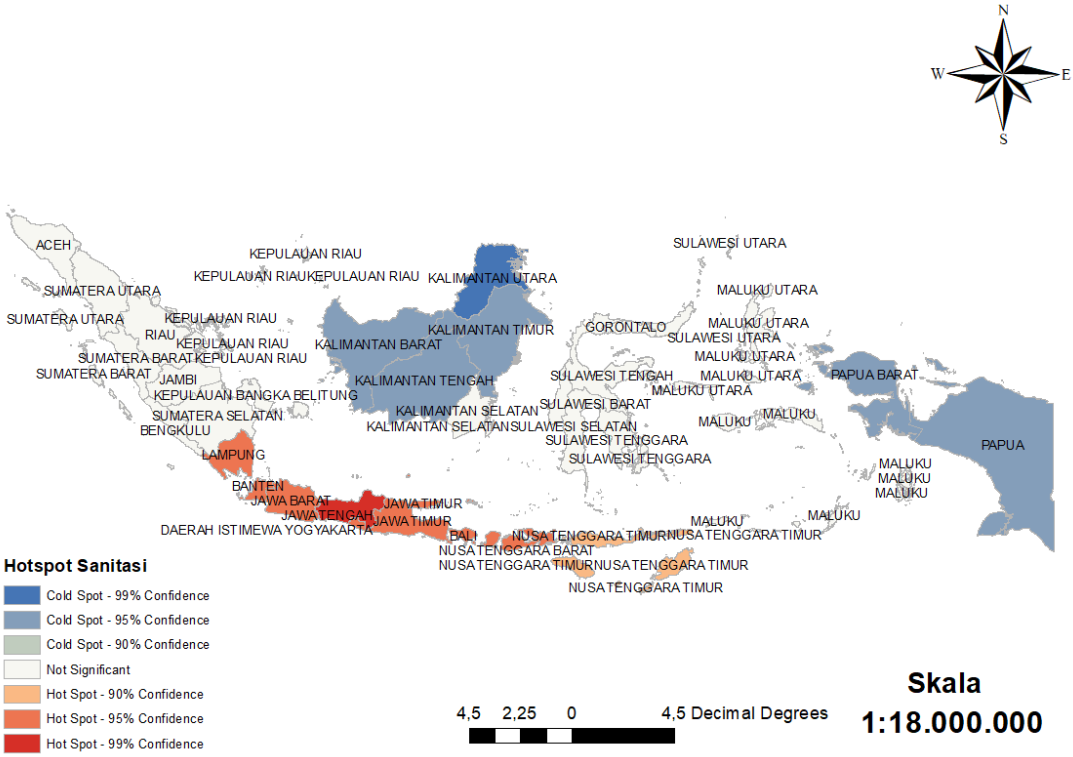
Gambar 1(b) memperlihatkan distribusi persentase rumah tangga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi layak. Secara umum, provinsi-provinsi di kawasan Jawa dan sebagian Sumatera menunjukkan persentase akses sanitasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa provinsi di wilayah timur Indonesia. Namun demikian, terdapat pula provinsi dengan tingkat akses sanitasi yang tinggi tetapi berada di luar wilayah dengan konsentrasi penduduk terbesar, yang menunjukkan adanya variasi kondisi sanitasi antarwilayah.

Sementara itu, Gambar 1(c) menunjukkan distribusi jumlah kasus DBD menurut provinsi. Terlihat bahwa kasus DBD cenderung terkelompok pada beberapa provinsi

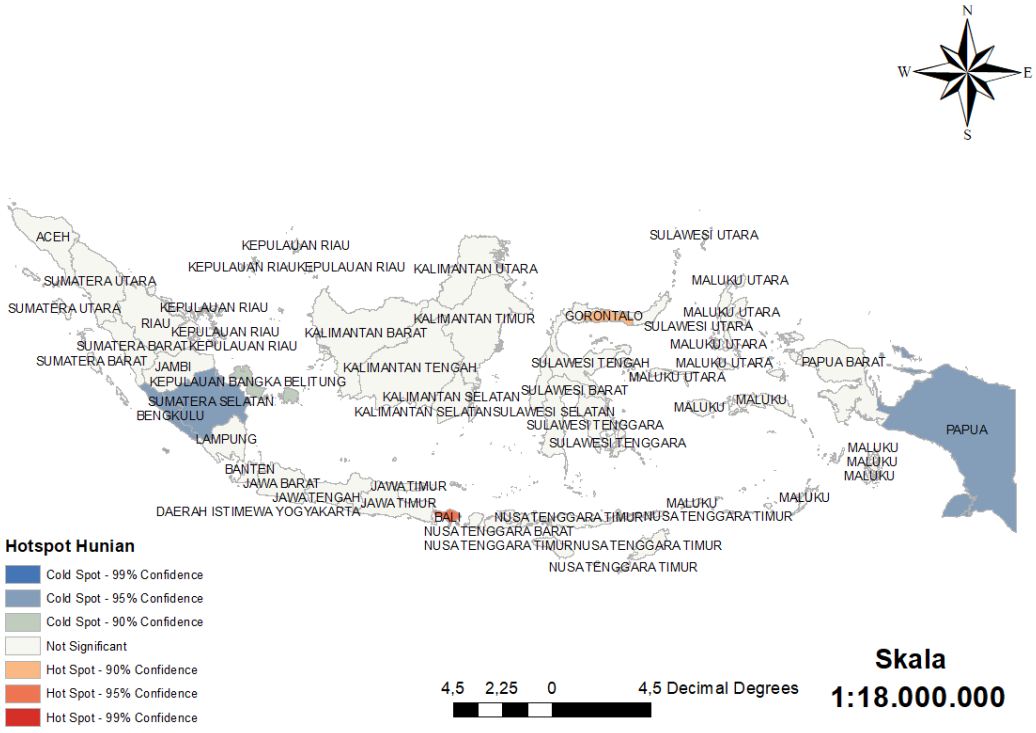
tertentu, terutama di wilayah dengan jumlah penduduk yang relatif besar dan tingkat urbanisasi yang tinggi, seperti di Pulau Jawa dan sebagian wilayah Sumatera. Sebaliknya, beberapa provinsi di kawasan timur Indonesia menunjukkan jumlah kasus DBD yang relatif lebih rendah.

Jika dibandingkan secara visual, terlihat adanya ketidaksesuaian awal (*a priori mismatch*) antara wilayah dengan persentase akses hunian layak dan sanitasi yang tinggi dengan wilayah yang memiliki jumlah kasus DBD yang tinggi. Beberapa provinsi dengan akses hunian dan sanitasi yang relatif baik tetap menunjukkan jumlah kasus DBD yang tinggi, sementara provinsi dengan akses yang lebih rendah tidak selalu diikuti oleh tingginya kasus DBD. Pola ini mengindikasikan bahwa hubungan antara akses hunian layak, sanitasi, dan kejadian DBD tidak bersifat sederhana dan kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lain, seperti kepadatan penduduk, kondisi lingkungan, mobilitas penduduk, serta faktor iklim.

3.3 Pola *Hotspot* dan *Coldspot* Wilayah

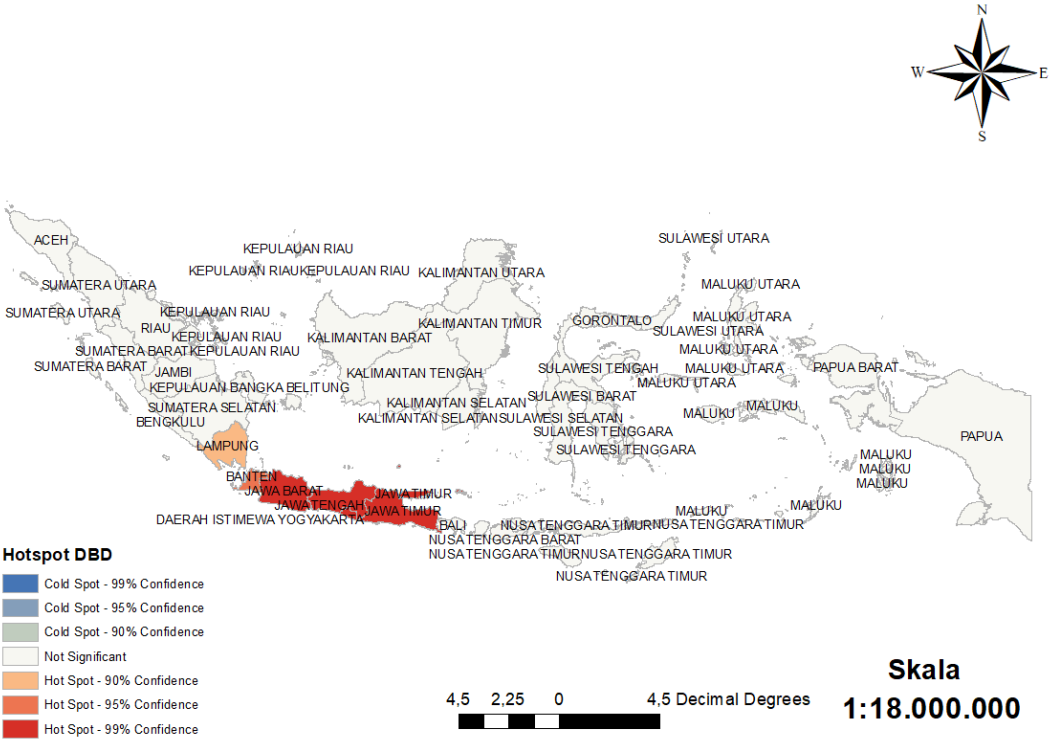


Gambar 2(a). Hotspot persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak (jamban sehat) menurut provinsi di Indonesia tahun 2022.



Gambar 2(b). Hotspot persentase rumah tangga dengan akses hunian layak dan terjangkau menurut provinsi di Indonesia tahun 2022.

Hotspot hunian



Gambar 2(c). Hotspot jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) menurut provinsi di Indonesia tahun 2022.

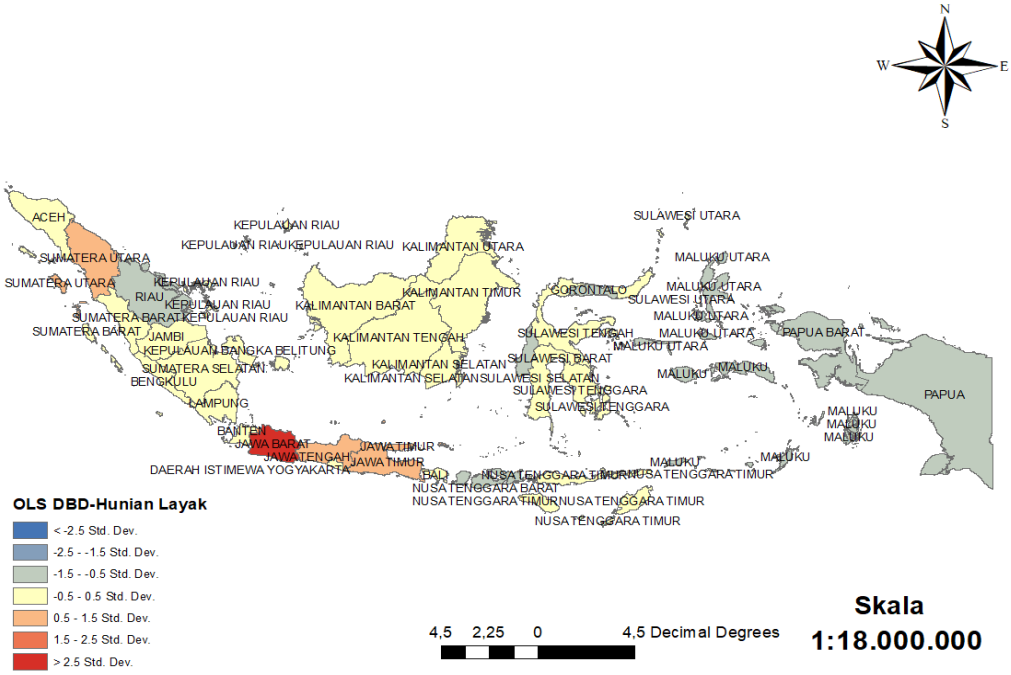
Untuk memahami pola spasial indikator sanitasi, hunian, dan kejadian Demam Berdarah *Dengue* (DBD) antarprovinsi di Indonesia, dilakukan analisis *hotspot–coldspot* menggunakan pendekatan autokorelasi spasial. Hasil analisis tersebut divisualisasikan pada Gambar 2a–2c.

Berdasarkan Gambar 2a, pola *hotspot–coldspot* akses sanitasi layak menunjukkan adanya pengelompokan spasial yang signifikan di Indonesia. Provinsi-provinsi di Pulau Jawa hingga Bali dan Nusa Tenggara cenderung membentuk hotspot dengan tingkat kepercayaan tinggi (95–99%), yang mengindikasikan bahwa wilayah tersebut memiliki persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak yang relatif tinggi dan terdistribusi secara berdekatan. Sebaliknya, beberapa provinsi di Kalimantan, Maluku, dan Papua membentuk cold spot, yang mencerminkan rendahnya akses sanitasi layak serta masih kuatnya ketimpangan pembangunan infrastruktur dasar antarwilayah.

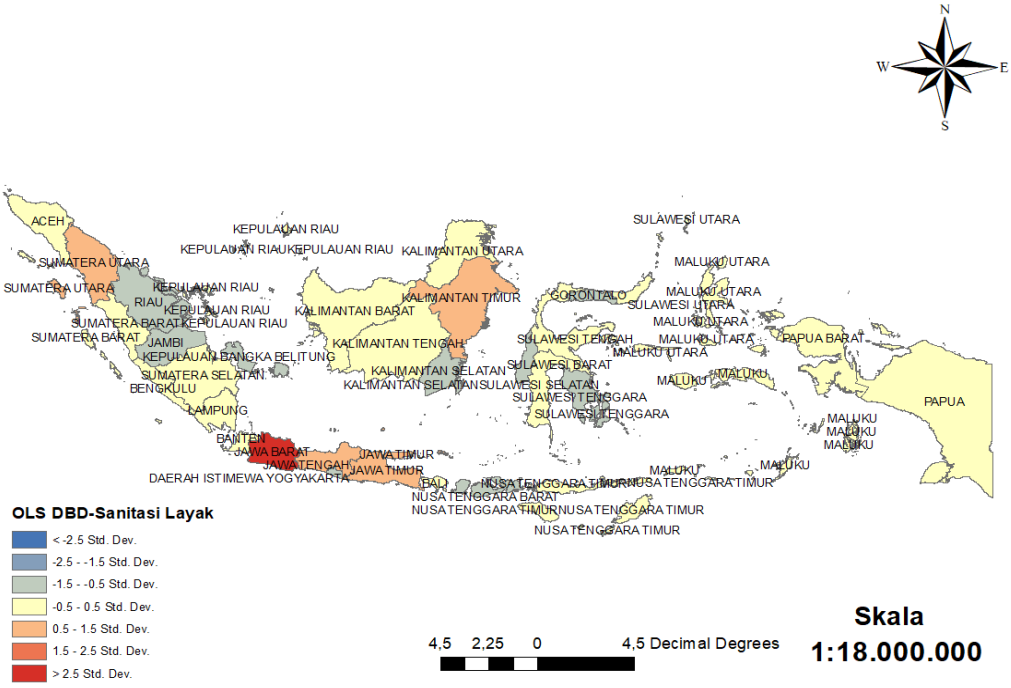
Sejalan dengan kondisi sanitasi tersebut, Gambar 2b yang menggambarkan akses terhadap hunian layak dan terjangkau memperlihatkan pola spasial yang cenderung tidak signifikan di sebagian besar wilayah Indonesia. Meskipun demikian, terdapat kecenderungan *cold spot* di kawasan Indonesia timur, khususnya Papua dan Maluku, yang menunjukkan bahwa rendahnya akses sanitasi di wilayah tersebut juga diiringi oleh keterbatasan kualitas dan keterjangkauan hunian. Hal ini mengindikasikan adanya keterkaitan antara kualitas lingkungan permukiman dan capaian pembangunan perumahan antarprovinsi.

Selanjutnya, Gambar 2c memperlihatkan bahwa kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) membentuk *hotspot* yang signifikan di Pulau Jawa, terutama di provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. Pola ini menunjukkan bahwa kejadian DBD mengelompok secara spasial di wilayah dengan tingkat urbanisasi dan kepadatan penduduk yang tinggi. Menariknya, wilayah yang memiliki akses sanitasi dan hunian relatif lebih baik justru menunjukkan konsentrasi kasus DBD yang tinggi, sehingga mengindikasikan bahwa kejadian DBD tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan sanitasi dan hunian, tetapi juga oleh faktor lain seperti kepadatan penduduk, mobilitas, serta dinamika lingkungan perkotaan.

3.4 Hubungan Variabel Berdasarkan Regresi Global (OLS)



Gambar 3(a). Distribusi spasial residual terstandarisasi dari regresi *Ordinary Least Squares* (OLS) untuk melihat pengaruh dari persentase rumah tangga dengan akses hunian layak dan terjangkau



Gambar 3(b). Distribusi spasial residual terstandarisasi dari regresi *Ordinary Least Squares* (OLS) untuk melihat pengaruh dari (b) persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak (jamban sehat) terhadap Demam Berdarah *Dengue* (DBD) tahun 2022.

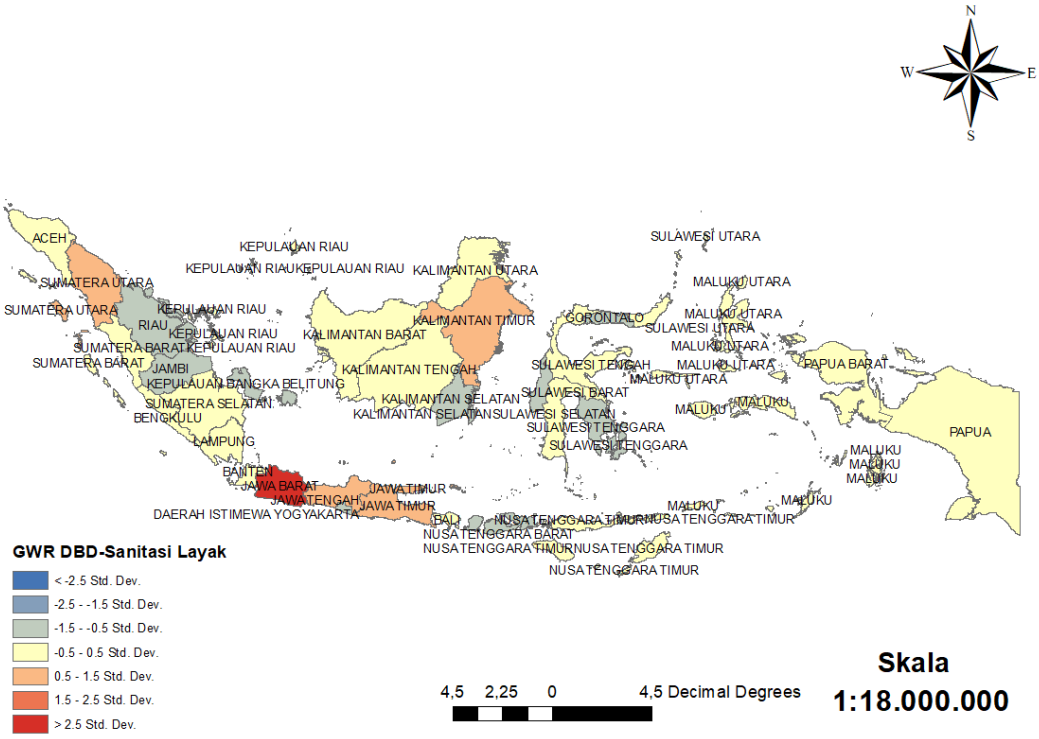
Gambar 3a (OLS DBD–hunian layak dan terjangkau) menunjukkan bahwa hubungan antara jumlah kasus DBD tahun 2022 dan persentase rumah tangga dengan akses hunian layak dan terjangkau bervariasi secara spasial. Koefisien positif yang relatif tinggi terlihat di wilayah Pulau Jawa dan Kalimantan Timur, yang mengindikasikan bahwa tingginya akses terhadap hunian layak tidak secara langsung berkorelasi dengan penurunan kasus DBD. Hal ini mengisyaratkan bahwa di wilayah perkotaan padat, faktor lain seperti kepadatan penduduk, urbanisasi, dan kondisi lingkungan permukiman memiliki peran yang lebih dominan dalam meningkatkan risiko DBD. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Sari et al., 2025) yang menunjukkan adanya hubungan signifikan antara kepadatan penduduk dan peningkatan kasus DBD. Sebaliknya, hubungan yang lebih lemah hingga negatif ditemukan di beberapa wilayah lain, yang menunjukkan bahwa hunian layak lebih berkontribusi dalam menekan DBD pada wilayah dengan karakteristik kepadatan lebih rendah. Kondisi ini dapat dijelaskan karena pada wilayah dengan kepadatan rendah, intensitas kontak antara manusia dan vektor relatif lebih terbatas sehingga faktor lingkungan mikro rumah tangga seperti kualitas bangunan, ventilasi, pencahayaan, serta pengelolaan tempat penampungan air menjadi determinan yang lebih dominan dalam siklus penularan. Dengan kata lain, ketika tekanan urbanisasi dan mobilitas penduduk tidak terlalu tinggi, perbaikan kualitas hunian memiliki dampak yang lebih nyata terhadap pengurangan habitat perkembangbiakan *Aedes aegypt.*

Hal ini sejalan dengan penelitian Hayati et al., (2025) yang menyatakan bahwa perbaikan kualitas hunian dan sanitasi rumah tangga lebih efektif dalam menurunkan risiko DBD pada wilayah dengan tekanan kepadatan dan mobilitas penduduk yang relatif rendah. Hal tersebut juga konsisten dengan teori ekologi penyakit yang menekankan bahwa pengendalian faktor lingkungan domestik akan lebih efektif apabila faktor makro seperti kepadatan dan urbanisasi tidak menjadi pendorong utama transmisi.

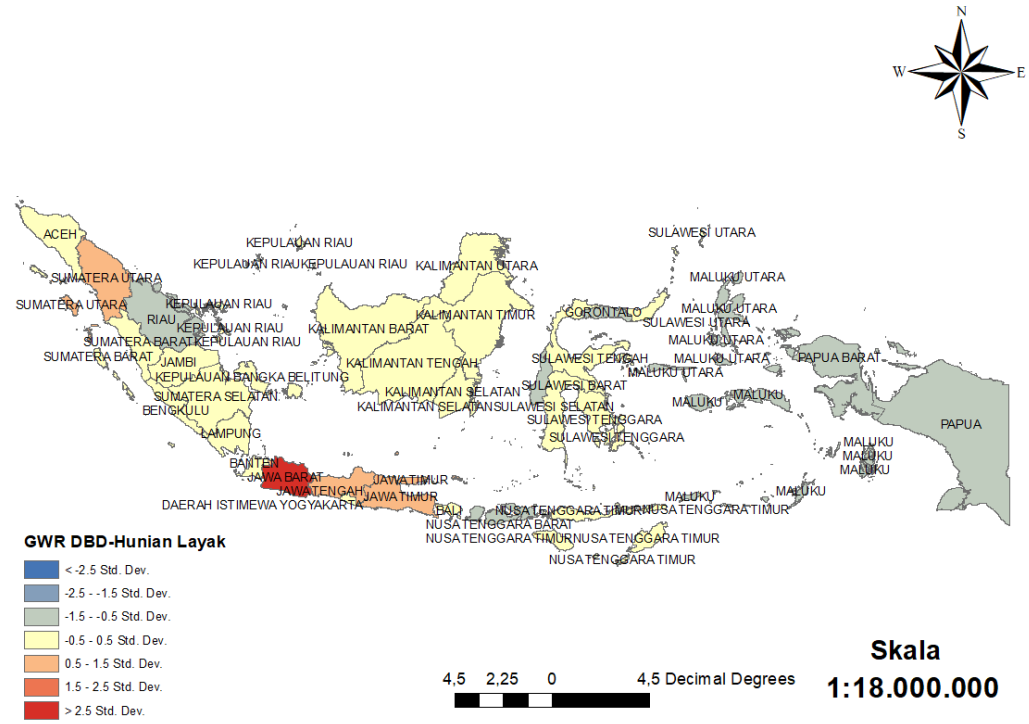
Gambar 3b (OLS DBD–sanitasi layak) memperlihatkan pola hubungan yang serupa namun dengan distribusi spasial yang berbeda. Wilayah perkotaan padat, terutama di Pulau Jawa, kembali menunjukkan koefisien positif yang kuat, yang mengindikasikan bahwa peningkatan akses sanitasi layak belum tentu diikuti oleh penurunan kasus DBD. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan infrastruktur sanitasi secara formal tidak secara otomatis mengurangi risiko penularan apabila tidak diikuti dengan praktik pengelolaan lingkungan rumah tangga yang baik.

Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan perilaku pengelolaan air rumah tangga dan keberadaan wadah penampungan air yang masih berpotensi menjadi tempat perkembangbiakan nyamuk. Hal ini sejalan dengan penelitian Sahawati & Shafwan, (2025). yang menyatakan bahwa keberadaan genangan air yang tidak dikelola dengan baik, seperti tempat penampungan air terbuka, serta kebiasaan masyarakat yang tidak membersihkan lingkungan secara rutin, berkontribusi terhadap tingginya angka kejadian DBD. Sementara itu, sebagian wilayah Sumatera, Sulawesi, Maluku, dan Papua menunjukkan hubungan negatif hingga lemah, yang menandakan bahwa sanitasi layak cenderung lebih efektif dalam menurunkan kasus DBD di wilayah dengan kepadatan penduduk yang lebih rendah.

3.5 Variasi Spasial Hubungan Antarvariabel (GWR/Model Spasial)



Gambar 4(a). Hasil analisis *Geographically Weighted Regression* (GWR) antara jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) dan persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak (jamban sehat)



Gambar 4(b). Hasil analisis *Geographically Weighted Regression* (GWR) antara jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) persentase rumah tangga dengan akses hunian layak dan terjangkau menurut provinsi di Indonesia tahun 2022.

Gambar 4(a) dan 4(b) menyajikan hasil analisis *Geographically Weighted Regression* (GWR) yang menggambarkan variasi spasial pengaruh akses sanitasi layak dan akses hunian layak terhadap jumlah kasus Demam Berdarah *Dengue* (DBD) di tingkat provinsi di Indonesia. Nilai koefisien GWR ditampilkan dalam satuan standar deviasi, sehingga memungkinkan identifikasi wilayah dengan pengaruh yang relatif lemah hingga kuat, baik bersifat positif maupun negatif.

Pada Gambar 4(a), yang menunjukkan hubungan antara DBD dan akses sanitasi layak, terlihat bahwa sebagian besar wilayah Indonesia berada pada kategori koefisien yang relatif kecil dan mendekati nol (−0,5 hingga 0,5 standar deviasi). Hal ini mengindikasikan bahwa di banyak provinsi, akses sanitasi layak belum menunjukkan pengaruh yang kuat secara lokal terhadap variasi kasus DBD. Namun demikian, beberapa provinsi di Pulau Jawa, khususnya Jawa Barat dan wilayah sekitarnya, menunjukkan koefisien positif yang tinggi (1,5 hingga >2,5 standar deviasi). Pola ini mengindikasikan bahwa peningkatan akses sanitasi layak di wilayah tersebut justru berkorelasi dengan peningkatan kasus DBD, sehingga ada indikasi yang mencerminkan adanya faktor lain yang lebih dominan, seperti kepadatan penduduk, intensitas aktivitas manusia, dan dinamika lingkungan perkotaan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Sari et al., (2025) yang menegaskan bahwa karakteristik wilayah urban padat berkontribusi signifikan terhadap tingginya kasus DBD.

Selain itu, Sahawati & Shafwan (2025) menemukan bahwa meskipun akses sanitasi formal telah tersedia, keberadaan genangan air yang tidak dikelola dengan baik—seperti tempat penampungan air terbuka—serta kebiasaan masyarakat yang tidak membersihkan lingkungan secara rutin tetap menjadi faktor risiko utama peningkatan kejadian DBD. Dengan demikian, efektivitas sanitasi layak dalam menekan DBD sangat bergantung pada praktik pengelolaan lingkungan domestik dan kondisi kepadatan wilayah, bukan semata-mata pada ketersediaan infrastruktur sanitasi.

Sebaliknya, di sejumlah wilayah di Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua, koefisien hubungan antara sanitasi layak dan DBD cenderung lebih kecil atau mendekati nol. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengaruh sanitasi layak terhadap kejadian DBD bersifat spesifik lokasi dan tidak seragam secara nasional. Temuan ini mendukung asumsi dasar metode *Geographically Weighted Regression* (GWR), yang menyatakan bahwa hubungan antarvariabel dapat bervariasi secara spasial sesuai dengan karakteristik lokal masing-masing wilayah (Fotheringham et al., 2002). Dengan demikian, variasi koefisien yang ditemukan mengindikasikan adanya heterogenitas spasial dalam hubungan antara sanitasi layak dan kejadian DBD.

Selanjutnya, Gambar 4(b) memperlihatkan hasil GWR untuk hubungan antara DBD dan akses hunian layak. Pola spasial yang dihasilkan relatif serupa, di mana koefisien positif yang kuat kembali terkonsentrasi di wilayah Pulau Jawa, terutama Jawa Barat dan Jawa Timur. Hal ini menunjukkan bahwa di wilayah dengan akses hunian yang lebih baik dan tingkat urbanisasi yang tinggi, peningkatan kualitas hunian tidak secara langsung menurunkan kasus DBD. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Putri et al. (2025) di Jakarta Selatan tahun 2024, yang menunjukkan bahwa kepadatan hunian tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan peningkatan kasus DBD ($p>0,05$), sehingga tidak terdapat korelasi langsung antara jumlah kasus DBD dan tingkat kepadatan hunian. Dengan

demikian, pada konteks wilayah perkotaan padat, peningkatan kualitas atau kepadatan hunian tidak selalu menjadi faktor utama dalam menentukan variasi kejadian DBD. Kondisi ini dapat dikaitkan dengan tingginya kepadatan bangunan, keterbatasan ruang terbuka, serta potensi tempat perkembangbiakan vektor di lingkungan permukiman padat.

Sementara itu, wilayah Indonesia timur, seperti Papua dan Maluku, cenderung memiliki koefisien yang lebih rendah atau mendekati nol, yang mengindikasikan bahwa akses hunian layak memiliki pengaruh yang relatif lebih lemah terhadap variasi kasus DBD di wilayah tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa faktor lingkungan dan sosial lainnya kemungkinan lebih berperan dalam menentukan pola DBD di kawasan tersebut

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat variasi spasial yang jelas pada akses hunian layak, sanitasi layak, dan jumlah kasus DBD antarprovinsi di Indonesia. Hasil pemetaan dan analisis hotspot mengungkapkan bahwa wilayah dengan tingkat hunian layak dan sanitasi yang tinggi tidak selalu memiliki jumlah kasus DBD yang rendah, terutama pada provinsi dengan kepadatan penduduk dan urbanisasi yang tinggi.

Hasil regresi global (OLS) menunjukkan bahwa hubungan antara variabel hunian layak dan sanitasi dengan kasus DBD belum sepenuhnya dapat dijelaskan secara seragam. Melalui pendekatan *Geographically Weighted Regression* (GWR), ditemukan bahwa pengaruh kedua variabel tersebut berbeda antarwilayah, dengan koefisien yang cenderung lebih tinggi di Pulau Jawa dan lebih lemah di wilayah timur Indonesia. Hal ini menegaskan adanya heterogenitas spasial dalam faktor-faktor yang memengaruhi kasus DBD, sehingga analisis berbasis lokasi diperlukan untuk memahami pola penyebaran penyakit secara lebih komprehensif.

5. DAFTAR PUSTAKA

Astuti, E. P., Fuadzy, H., & Prasetyowati, H. (2016). Pengaruh Kesehatan Lingkungan Pemukiman Terhadap Kejadian Demam Berdarah Dengue Berdasarkan Model Generalized Poisson Regression di Jawa Barat (Analisis Lanjut Riskesdas Tahun 2013). *Bul Penelit Sist Kesehat*, *19*(1), 109–117.

Fotheringham, A. S. (2002). Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships. John Wily and Sons Ltd.

Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2002). Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships (1st ed.).

Harapan, H., Michie, A., Mudatsir, M., Sasmono, R. T., & Imrie, A. (2019). Epidemiology of dengue hemorrhagic fever in Indonesia : analysis of five decades data from the National Disease Surveillance. BMC Research Notes, 4–9. https://doi.org/10.1186/s13104-019-4379-9

Hayati, N., Masrizal, M., & Markolinda, Y. (2025). Distribusi Spasial Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kabupaten Dharmasraya berdasarkan Karakteristik Wilayah: Distribution of Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) Cases in Dharmasraya Regency based on Regional Characteristics. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan Terpadu, 5(1), 24–33.

Hidayani, N. P., Tat, F., & Djogo, H. M. A. (2020). Hubungan Antara Lama Penggunaan , Jarak Pandang Dan Posisi Tubuh Saat Menggunakan Gagdet Dengan Ketajaman Penglihatan. *CHM-K Applied Scientifics Journal*, *3*(1), 28.

Mawaddah, F., Pramadita, S., & Triharja, A. (2022). *Analisis Hubungan Kondisi Sanitasi Lingkungan Dan Perilaku Keluarga Dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue di Kota Pontianak*. *10*(2), 215–228. https://doi.org/https://doi.org/10.26418/jtllb.v10i2.56379

Mondini, A., & Chiaravalloti-Neto, F. (2008). Spatial correlation of incidence of dengue with socioeconomic, demographic and environmental variables in a Brazilian city. *Science of the Total Environment*, *393*(2–3), 241–248.

Nurhidayati, A., Herdayati, M., & Lusida, N. (2022). Analisis Spasial Autokorelasi Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Tangerang Selatan Tahun 2014-2019. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, *11*(01), 68–74. https://doi.org/https://doi.org/10.33221/jikm.v11i01.962

Pamungkas, R. A., Yasin, H., & Rahmawati, R. (2016). Perbandingan model gwr dengan fixed dan adaptive bandwidth untuk persentase penduduk miskin di jawa tengah. *Jurnal Gaussian*, *5*(3), 535–544.

Putri, S. A. A. H., Hakim, H. P., & Ernyasih, E. (2025). Kepadatan Penduduk dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue di Kota Jakarta Selatan Tahun 2024. *Medic Nutricia: Journal Ilmu Kesehatan*, *17*(1), 41–50.

Sahawati, S., & Shafwan, A. (2025). Analisis Faktor Risiko Penyebaran Demam Berdarah Dengue (DBD) di Wilayah Kerja Puskesmas Lalowaru Tahun 2025. *Jurnal Penelitian Sains Dan Kesehatan Avicenna*, *4*(2), 138–145.

Sari, R. Y., Arlinda, E., & Nurhayati, S. (2025). Analisis Spasial Demam Berdarah Berdasakan Kepadatan Penduduk dan Faktor Iklim Di Kabupaten Purworejo Tahun 2024. *JUKEJ: Jurnal Kesehatan Jompa*, *4*(4), 1193–1203.

Shaweno, D., Karmakar, M., Alene, K. A., Ragonnet, R., Clements, A. C. A., Trauer, J. M., Denholm, J. T., & Mcbryde, E. S. (2018). *Methods used in the spatial analysis of tuberculosis epidemiology : a systematic review*. 1–18.

Sinaga, K. P. (2015). Poverty Data Modeling in North Sumatera Province Using Geographically Weighted Regression (GWR) Method. *International Journal of Science and Research*, *4*(2), 1738–1742.

Sukohar, A. (2014). Demam Berdarah Dengue (DBD). *Medula: Jurnal Profesi Kedokteran Universitas Lampung*, *2*(02), 152633.

Tizona, A. R., Goejantoro, R., & Wasono, W. (2017). Pemodelan Geographically Weighted Regression (Gwr) Dengan Fungsi Pembobot Adaptive Kernel Bisquare Untuk Angka Kesakitan Demam Berdarah di Kalimantan Timur Tahun 2015. *EKSPONENSIAL*, *8*(1), 87–94.

Yuliana, R., Rahmaniati, M., Apriantini, I., & Triarjunet, R. (2022). Analisis Autokorelasi Spasial Kasus Demam Berdarah Dengue di Kota Padang. *Jurnal Ilmu Kesehatan*, *6*(1), 34–42. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33757/jik.v6i1.484