

**ANALISIS SPASIAL KEJADIAN DEMAM BERDARAH
DENGUE BERDASARKAN SUHU, KELEMBAPAN, DAN
CURAH HUJAN DI KOTA METRO PERIODE JANUARI-MEI
TAHUN 2024**

Oleh

**FATHIR AL-HAQ
2118011140**

(Skripsi)



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**ANALISIS SPASIAL KEJADIAN DEMAM BERDARAH
DENGUE BERDASARKAN SUHU, KELEMBAPAN, DAN
CURAH HUJAN DI KOTA METRO PERIODE JANUARI-MEI
TAHUN 2024**

Oleh
FATHIR AL-HAQ

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEDOKTERAN**

Pada

**Jurusan Pendidikan Dokter
Fakultas Kedokteran Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

ANALISIS SPASIAL KEJADIAN DEMAM BERDARAH *DENGUE* BERDASARKAN SUHU, KELEMBAPAN, DAN CURAH HUJAN DI KOTA METRO PERIODE JANUARI-MEI TAHUN 2024

Oleh

FATHIR AL-HAQ

Latar Belakang: Demam berdarah *dengue* merupakan salah satu penyakit infeksi dengan *incidence rate* yang terus mengalami peningkatan terutama pada daerah tropis dan subtropis seperti Indonesia, termasuk Kota Metro di Provinsi Lampung. Suhu, kelembapan, dan curah hujan diketahui sebagai faktor iklim yang paling berpengaruh terhadap persebaran penyakit ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola distribusi spasial kejadian Demam Berdarah *Dengue* (DBD) berdasarkan suhu, kelembapan, dan curah hujan di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024.

Metode: Penelitian ini menggunakan analisis *Average Nearest Neighbour* dan *overlay* pada aplikasi berbasis Sistem Informasi Geografis (ArcGis). Data penderita DBD didapatkan dari Dinas Kesehatan Kota Metro, sementara data suhu, kelembapan, dan curah hujan melalui *website* data citra *open source*.

Hasil: Hasil analisis *Average Nearest Neighbour* kasus DBD di Kota Metro menunjukkan *Nearest Neighbor Ratio* sebesar 0,392353 (Januari); 0,766815 (Februari); 0,857750 (Maret); 0,771606 (April); 0,589998 (Mei); 0,564678 (Januari-Mei), mengindikasikan bahwa jarak antar kasus DBD lebih mengelompok daripada distribusi yang bersifat acak.

Simpulan: Pola distribusi kasus DBD di Kota Metro periode Januari sampai Mei tahun 2024 adalah *clustered* dan terdapat kecenderungan peningkatan jumlah kasus DBD pada suhu 20°C-30°C, indeks kelembapan *normalized difference moisture index* (NDMI) 0,2-0,4, dan curah hujan >300 mm/bulan.

Kata Kunci: demam berdarah *dengue*, suhu, kelembapan, curah hujan, spasial.

ABSTRACT

SPATIAL ANALYSIS OF *DENGUE* HEMORRHAGIC FEVER INCIDENCE BASED ON TEMPERATURE, HUMIDITY, AND RAINFALL IN METRO CITY FROM JANUARY TO MAY 2024

By

FATHIR AL-HAQ

Background: Dengue hemorrhagic fever remains a significant public health concern, with its incidence rate continuing to rise, particularly in tropical and subtropical regions such as Indonesia, including Metro City in Lampung Province. Among the various contributing factors, temperature, humidity, and rainfall are recognized as the most influential climatic variables affecting the transmission and spatial distribution of the disease. This study aims to identify the spatial distribution pattern of dengue hemorrhagic fever (DHF) cases based on temperature, humidity, and rainfall in Metro City from January to May 2024.

Methods: This study utilized Average Nearest Neighbour analysis and overlay techniques using a Geographic Information System (GIS)-based application (ArcGIS). DHF case data were sourced from the Health Department of Metro City, while climatic variables (temperature, humidity, and rainfall) were obtained from open-access satellite data platforms.

Results: The results of the Average Nearest Neighbour analysis of DHF cases in Metro City showed Nearest Neighbor Ratios of 0.392353 (January), 0.766815 (February), 0.857750 (March), 0.771606 (April), 0.589998 (May), and 0.564678 (January–May), indicating that the spatial distribution of DHF cases was more clustered than would be expected in a random pattern.

Conclusion: The spatial distribution of DHF cases in Metro City from January to May 2024 exhibited a clustered pattern, with an increased number of cases observed at temperatures of 20°C–30°C, normalized difference moisture index (NDMI) values of 0.2–0.4, and rainfall exceeding 300 mm per month.

Keywords: dengue hemorrhagic fever, temperature, humidity, rainfall, spatial.

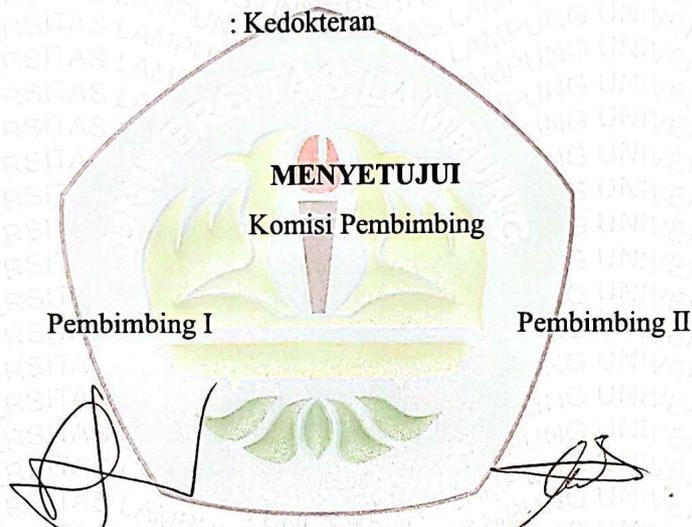
Judul Skripsi : Analisis Spasial Kejadian Demam Berdarah Dengue Berdasarkan Suhu, Kelembapan, dan Curah Hujan di Kota Metro Periode Januari-Mei Tahun 2024

Nama Mahasiswa : Fathir Al-Haq

Nomor Pokok Mahasiswa : 2118011140

Program Studi : Pendidikan Dokter

Fakultas : Kedokteran



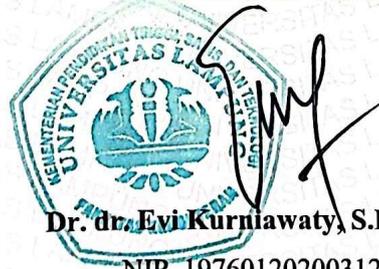
Dr. Sutarto, SKM., M.Epid.

NIP. 197207061995031002

dr. Septia Eva Lusina, Sp.F.

NIP. 198609162023212038

Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc.

NIP. 197601202003122001

MENGESAHKAN

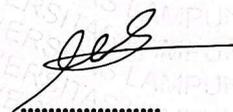
1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Sutarto, SKM., M.Epid.



.....

Sekretaris : dr. Septia Eva Lusina, Sp. F.



.....

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. dr. Reni Zuraida, M.Si., Sp.KKLP.**



.....

2. Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc
NIP. 197601202003122001

Tanggal Lulus Ujian : 18 Juni 2025

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya, bahwa:

1. Skripsi dengan judul **“ANALISIS SPASIAL KEJADIAN DEMAM BERDARAH DENGUE BERDASARKAN SUHU, KELEMBAPAN, DAN CURAH HUJAN DI KOTA METRO PERIODE JANUARI-MEI TAHUN 2024”** adalah hasil karya saya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hal intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, 18 Juni 2025

Pembuat Pernyataan,



Fathir Al-Haq

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Fathir Al-Haq, lahir di Lebak pada tanggal 9 April 2003. Penulis merupakan anak dari pasangan Samson Rahman dan Ita Maulidha. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Terpadu Al-Qudwah, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Terpadu Al-Qudwah, hingga terakhir ke SMA Terpadu Al-Qudwah dan lulus pada tahun 2021.

Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa program studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjalani masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan akademik dan organisasi, terutama Lembaga Dakwah Kampus (LDK), mulai dari tingkat fakultas, universitas, sampai regional. Penulis menganggap LDK sebagai dasar dan tempat pulang dari segala hiruk pikuk kehidupannya di perantauan. Meskipun begitu, penulis tetap aktif dalam berbagai kegiatan di luar LDK, seperti perlombaan-perlombaan, asisten dosen, dan organisasi lain dengan tetap menjaga kestabilan akademiknya.

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar S.Ked. pada program studi Pendidikan Dokter. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi sumbangan ilmiah dalam bidang keilmuan yang relevan.

*Sebuah Persembahan Sederhana
Dari Seorang Anak Biasa
Untuk Sepasang Orangtua Istimewa.*

SANWACANA

أَلْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي بِنِعْمَتِهِ تَتِمُّ الصَّالِحَاتُ

Segala puji bagi Allah yang dengan nikmat-Nya segala kebaikan menjadi sempurna, yang dengan segala karunia dan izin-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan segala pelajaran yang didapatkan sepanjang prosesnya.

Dalam perjalanan menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak sekali dukungan dengan berbagai rupa. Oleh sebab itu, dengan segenap ketulusan dan kerendahan hati menyampaikan terimakasih sedalam-dalamnya kepada

1. Ayah dan Ibu yang saya cintai, sekolah pertama saya yang sudah dan menjadi inspirasi dan abadi saya sejak kecil hingga akhir hayat nanti. Tidak akan ada kata, kalimat, paragraf, bab, bahkan buku yang cukup dan bisa menggambarkan jasa kalian dalam hidup salah satu anakmu ini. Begitu juga kakak dan adik tersayang yang tak tergantikan anggota keluarga pemburu surga, A Fursan, Teh Adila, AiQ, dan Abrila.
2. Bapak Dr. Sutarto, SKM., M.Epid., sebagai pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik saya, yang telah mengorbankan waktunya untuk memberikan ilmu, bimbingan, arahan, saran, dukungan, serta doa selama menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih atas bimbingan yang telah diberikan, atas kepercayaan kepada saya untuk mengeskplorasi dan berkreasi, serta atas bimbingan dan inspirasinya di luar skripsi ini.
3. dr. Septia Eva Lusina, Sp.F., sebagai Pembimbing II yang telah mengorbankan waktunya untuk memberikan ilmu, bimbingan, arahan, saran, dukungan, serta doa selama menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih

atas bimbingan yang telah diberikan, atas pelajaran dan hikmah yang disampaikan sepanjang melakukan bimbingan, serta atas bimbingan dan inspirasinya di luar skripsi ini.

4. Dr. dr. Reni Zuraida, M.Si., Sp.KKLP., sebagai Pembahas dan Penguji Utama pada ujian skripsi ini yang telah memberikan saran, kritik, perbaikan, dukungan, dan apresiasi yang besar untuk skripsi ini. Terimakasih atas pelajaran dan teladan yang diberikan, serta ketelitian yang telah dicurahkan pada penelitian saya, sehingga penelitian ini menjadi lebih baik dari yang direncanakan.
5. Seluruh dosen dan staf karyawan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang telah membimbing dan mengarahkan selama ini, terutama dosen Pembina di Laboratorium Anatomi: dr. Anggraeni Janar Wulan, M.Sc., dr. Anisa Nuraisa Djausal, M.K.M., Dr. dr. Anggi Setiorini, M.Sc., AIFO-K, dr. Nur Ayu Virginia Irawati, M. Biomed., dan dr. Rekha Nova Iyos, Sp.JP. yang telah mengizinkan dan membimbing saya untuk bereksplorasi, berekspresi, dan belajar lebih jauh di Keluarga Besar Anatomi.
6. Abi Heri Rustamaji yang telah berkenan meminjamkan fasilitasnya untuk kepada saya sehingga memudahkan dalam menyelesaikan penelitian ini dan beraktivitas sehari-hari di semester akhir saya.
7. Kak Diah, Tsurayya, dan Kak Bayu yang sudah bersedia dan bersabar dalam mengajarkan saya ilmu-ilmunya terkait aplikasi ArcGis, analisis spasial, dan sistem informasi geografis, yang sangat besar manfaatnya bagi saya dalam menyelesaikan penelitian ini.
8. Keluarga Bani Abdurrahman dan Bani Oong atas doa dan dukungan yang selalu dilangitkan, Nenek Mimih, Nenek Nur, Om Abad, Nom Farah, Om Nur, Om Budi, Om Rijal, Om Mulya, Bi Lusi, Bi Yuyun, Tante Aya, Bi Diah, Irzan, Eza, Zefa, Mbaopa, Azka, Nja, Fatih, Nasya, Yusuf, Samara, Azizah, Asiyah, Ayyas, Azzam, Fahri, Aisyah, dan Hanin, terimakasih untuk cinta tulus yang selalu ditebarkan dalam keluarga ini.

9. Saudara-saudara di Bumi Baitul Maqdis Palestina yang tidak pernah saya lihat langsung wajahnya maupun saya kenali namanya. Terimakasih karena telah memperlihatkan arti sejati keimanan, kesabaran, dan perjuangan untuk tetap berdiri di sisi kebenaran meskipun seisi dunia berpangku tangan. Terimakasih telah membuat diri ini merasa tak pantas untuk mengeluh dengan secuil sandungan yang dihadapi. Terimakasih sudah menjadi energi bagi saya untuk melewati hal-hal sulit dalam hidup ini. *Free Palestine*.
10. Teman-teman Singa Kupu-kupu 🦁🦋 yang telah dan masih memberikan warna warni baru dalam kehidupan perantauan ini.
11. Teman-teman di grup The Angels yang senantiasa mendukung dengan segala kekonyolan dan keabsurdannya; Hapis, Yuda, Fuad, Ariq, Iqbal, Yoga, Nadip, dan Hanzal.
12. Teman-teman Asisten Dosen Anatomi yang setia menjadi teman bertumbuh dan belajar bersama di laboratorium anatomi: Andika, Ainul, Aris, Hapis, Amel, Ifa, dan Cella.
13. Teman-teman pimpinan FSI Ibnu Sina Lakara Wiyata, Birohmah Risalah Karya, FSLDK Lampung 2025/2026, dan Keluarga Madani 21 yang mengizinkan saya memiliki rumah di tengah-tengah huru hara kehidupan perkuliahan: Alwan, Fahmi, Hapis, Ilyas, Nanda, Dimas, Nafis, Faris, Rahmah, Reny, Rani, Umni, Nita, Fathimah, Ildha, Fadilah, Zety, Eca, Yasmin, Zahra, Wildhan, Anam, Sayyid, Farhan, Nabil, Fikri, Ilmi, Rahul, Hafiz, Irvandi, Shofura, Hani, Lavina, Rafifah, Ami, Nyimas, Nahwa, Raya, April, Meta, Ain, Diah, Ikkal, Aiman, Hafizh, Kak Aldo, Shobbah, Nuaim, Aqilah, Devy, Salya, Nailan, Erwin, Anang, Ariz, Syarif, Govin, Ihsan, Rafly, Geri, Salju, Salqon, Azizah, Wafa, Qoni, dan Fathiyah.
14. Teman-teman Keluarga Cemara dan penghuni Rumah Kader yang menjadi alasan untuk tetap belajar dan bertahan: Dayat, Imam, Figo, Nashwa, Haikal, Daffa, Faishal, Fikri, Adel, Fatiya, Ahyana, Rizkia, Nasywa, Sinta, Afwin, Irma, Reza, Dio, Juang, Wahyu, Allau, Bram, Najib, Fachri, Asra, Affan, Farhat, Ihza, Rafian, Aji, Alwa, Sophian, Akbar, Haikal, Samsa, Restu, Zila, Sevty, Fifi, Gita, Aisyah, Erni, Rika, Sixfe, Anisa T, Annisa R,

Hepi, Bilah, Soffiana, Aprilia, Erlina, Hanifa, Ardel, Bintang, Inas, Hani, Chisa, Dian, Firza, Tsabita, Kintan, Deva, Kiki, Jihan, dan Putri.

15. Seluruh anggota keluarga besar FSI Ibnu Sina Lakara Wiyata, Birohmah Risalah Karya, dan Lembaga Dakwah Kampus se-Unila yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu per satu, seluruh staf dan keluarga muda yang aktif di berbagai kegiatan dan kepanitiaan: Harmoni 9.0, KMB In Action, Liga LD, KBBI, LKMMTD, MUB, dan lain-lain.
16. Teman-teman sepembimbing: Agung, Shallu, Abi, Jonathan, Cindy, Amel, Irma, Eca, Dea, Laila. Terimakasih untuk semua bantuan, dukungan, dan kebersamaan selama hari-hari bimbingan.
17. Teman-teman angkatan 2021 Purin-Pirimidin Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan dukungan selama proses perkuliahan.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan balasan yang berlipat atas segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 18 Juni 2025

Penulis

Fathir Al-Haq

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	23
1.1 Latar Belakang	23
1.2 Rumusan Masalah	26
1.3 Tujuan Penelitian.....	27
1.3.1 Tujuan Umum.....	27
1.3.2 Tujuan Khusus.....	27
1.4 Manfaat Penelitian.....	27
1.4.1 Bagi Peneliti	27
1.4.2 Bagi Pembaca dan Masyarakat.....	28
1.4.3 Bagi Institusi.....	28
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	29
2.1 Demam Berdarah Dengue	29
2.1.1 Definisi Demam Berdarah Dengue.....	29
2.1.2 Etiologi Demam Berdarah Dengue.....	30
2.1.3 Faktor Risiko Demam Berdarah Dengue.....	30
2.1.4 Patogenesis Demam Berdarah Dengue.....	33
2.1.5 Manifestasi Klinis dan Perjalanan Penyakit Demam Berdarah Dengue	35
2.1.6 Klasifikasi Demam Berdarah Dengue	39
2.1.7 Tatalaksana Demam Berdarah Dengue	41
2.1.8 Suhu, Kelembapan, dan Curah Hujan Sebagai Faktor Risiko Kejadian Demam Berdarah Dengue	42
2.1.8.1 Suhu	42
2.1.8.2 Kelembapan	44
2.1.8.3 Curah Hujan.....	46

2.2 Sistem Informasi Geografis.....	49
2.2.1 Definisi Sistem Informasi Geografis	49
2.2.2 Komponen Sistem Informasi Geografis	50
2.2.3 Jenis Data dalam Sistem Informasi Geografis.....	52
2.2.4 Manfaat Sistem Informasi Geografis (SIG) di Bidang Kesehatan	54
2.2.5 Fungsi Analisis Spasial.....	58
2.3 Kota Metro	62
2.3.1 Geografi dan Batas-batas Wilayah Kota Metro.....	62
2.3.2 Penduduk Kota Metro.....	64
2.3.3 Demam Berdarah Dengue di Kota Metro.....	64
2.3.4 Suhu, Kelembapan, dan Curah Hujan Kota Metro.....	65
2.4 Kerangka Teori.....	67
2.5 Kerangka Konsep	68
2.6 Hipotesis.....	68
BAB III METODE PENELITIAN	69
3.1 Desain Penelitian.....	69
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	69
3.2.1 Tempat Penelitian.....	69
3.2.2 Waktu Penelitian.....	69
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian	70
3.3.1 Populasi	70
3.3.2 Sampel	70
3.4 Variabel Penelitian	71
3.4.1 Variabel Bebas.....	71
3.4.2 Variabel Terikat.....	71
3.5 Definisi Operasional.....	71
3.6 Instrumen dan Bahan Penelitian.....	72
3.6.1 Instrumen Penelitian.....	72
3.6.2 Bahan Penelitian.....	73
3.7 Pengolahan dan Analisis Data.....	77
3.8 Etika Penelitian.....	78
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	79
4.1 Gambaran Umum	79
4.2 Hasil.....	80
4.2.1 Pola Distribusi Kejadian DBD	80
4.2.1.1 Pola Distribusi Kejadian DBD Bulan Januari-Mei 2024.....	80
4.2.1.2 Pola Distribusi Kejadian DBD Bulan Januari 2024	85
4.2.1.3 Pola Distribusi Kejadian DBD Bulan Februari 2024	88
4.2.1.4 Pola Distribusi Kejadian DBD Bulan Maret 2024	91

4.2.1.5 Pola Distribusi Kejadian DBD Bulan April 2024	94
4.2.1.6 Pola Distribusi Kejadian DBD Bulan Mei 2024	97
4.2.2 Kondisi Suhu Kota Metro	100
4.2.2.1 Kondisi Suhu Kota Metro Bulan Januari 2024.....	100
4.2.2.2 Kondisi Suhu Kota Metro Bulan Februari 2024.....	102
4.2.2.3 Kondisi Suhu Kota Metro Bulan Maret 2024.....	104
4.2.2.4 Kondisi Suhu Kota Metro Bulan April 2024.....	106
4.2.2.5 Kondisi Suhu Kota Metro Bulan Mei 2024.....	108
4.2.2.6 Kondisi Suhu Kota Metro Bulan Januari-Mei 2024.....	110
4.2.3 Kondisi Kelembapan	111
4.2.3.1 Kondisi Kelembapan Bulan Januari 2024	111
4.2.3.2 Kondisi Kelembapan Bulan Februari 2024	113
4.2.3.3 Kondisi Kelembapan Bulan Maret 2024	115
4.2.3.4 Kondisi Kelembapan Bulan April 2024	117
4.2.3.5 Kondisi Kelembapan Bulan Mei 2024	119
4.2.3.6 Kondisi Kelembapan Bulan Januari-Mei 2024	121
4.2.4 Kondisi Curah Hujan	122
4.2.4.1 Kondisi Curah Hujan Bulan Januari 2024.....	122
4.2.4.2 Kondisi Curah Hujan Bulan Februari 2024.....	124
4.2.4.3 Kondisi Curah Hujan Bulan Maret 2024.....	126
4.2.4.4 Kondisi Curah Hujan Bulan April 2024.....	128
4.2.4.5 Kondisi Curah Hujan Bulan Mei 2024	130
4.2.4.6 Kondisi Curah Hujan Bulan Januari-Mei 2024	132
4.3 Pembahasan	134
4.4 Keterbatasan	143
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	144
5.1 Kesimpulan.....	144
5.2 Saran... ..	145
DAFTAR PUSTAKA	147
LAMPIRAN.....	158

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi DBD WHO 1997	39
Tabel 2.2 Perbedaan Data Vektor dan Raster	54
Tabel 2.3 Rata-rata Suhu Udara per Bulan di Kota Metro	65
Tabel 2.4 Rata-rata Kelembapan per Bulan Kota Metro	65
Tabel 2.5 Rata-rata Curah Hujan per Bulan di Kota Metro.....	66
Tabel 3.1 Definisi Operasional	71
Tabel 3.2 Instrumen Penunjang Penelitian	72
Tabel 3.3 Bahan Penunjang Penelitian	73
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Januari-Mei 2024	83
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Bulan Januari 2024	86
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Bulan Februari 2024	89
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Bulan Maret 2024	92
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Bulan April 2024.....	95
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Bulan Mei 2024.....	98
Tabel 4.7 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Januari 2024 Berdasarkan Suhu	101
Tabel 4.8 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Februari 2024 Berdasarkan Suhu	103
Tabel 4.9 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Maret 2024 Berdasarkan Suhu	105
Tabel 4.10 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan April 2024 Berdasarkan Suhu	107

Tabel 4.11 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Mei 2024 Berdasarkan Suhu	109
Tabel 4.12 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Januari-Mei 2024 Berdasarkan Suhu	110
Tabel 4.13 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Januari 2024 Berdasarkan Kelembapan	112
Tabel 4.14 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Februari 2024 Berdasarkan Kelembapan	114
Tabel 4.15 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Maret 2024 Berdasarkan Kelembapan	116
Tabel 4.16 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan April 2024 Berdasarkan Kelembapan	118
Tabel 4.17 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Mei 2024 Berdasarkan Kelembapan	120
Tabel 4.18 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Januari-Mei 2024 Berdasarkan Kelembapan	121
Tabel 4.19 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Januari 2024 Berdasarkan Curah Hujan.....	123
Tabel 4.20 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Februari 2024 Berdasarkan Curah Hujan.....	125
Tabel 4.21 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Maret 2024 Berdasarkan Curah Hujan.....	127
Tabel 4.22 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan April 2024 Berdasarkan Curah Hujan.....	129
Tabel 4.23 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Mei 2024 Berdasarkan Curah Hujan.....	131
Tabel 4.24 Jumlah Kasus DBD di Kota Metro Bulan Januari-Mei 2024 Berdasarkan Curah Hujan.....	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perjalanan Penyakit DBD	36
Gambar 2.2 Klasifikasi DBD WHO 2009	41
Gambar 2.3 Peta Curah Hujan Bulanan.....	48
Gambar 2.3 Pola Distribusi <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i>	59
Gambar 2.4 Peta Administrasi Kota Metro	63
Gambar 2.5 Kerangka Teori	67
Gambar 2.6 Kerangka Konsep.....	68
Gambar 4.1 Peta Kasus DBD Kota Metro Januari-Mei 2024.....	82
Gambar 4.2 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Januari-Mei 2024.....	83
Gambar 4.3 Peta Kasus DBD Kota Metro Bulan Januari 2024.....	85
Gambar 4.4 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Bulan Januari 2024.....	86
Gambar 4.5 Peta Kasus DBD Kota Metro Bulan Februari 2024.....	88
Gambar 4.6 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Bulan Februari 2024.....	89
Gambar 4.7 Peta Kasus DBD Kota Metro Bulan Maret 2024.....	91
Gambar 4.8 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Bulan Maret 2024.....	92
Gambar 4.9 Peta Kasus DBD Kota Metro Bulan April 2024.....	94
Gambar 4.10 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Bulan April 2024.....	95
Gambar 4.11 Peta Kasus DBD Kota Metro Bulan Mei 2024.....	97
Gambar 4.12 Hasil Perhitungan <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> Kejadian DBD di Kota Metro Bulan Mei 2024.....	98
Gambar 4.13 Kondisi Suhu dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Januari 2024	100

Gambar 4.14 Kondisi Suhu dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Februari 2024	102
Gambar 4.15 Kondisi Suhu dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Maret 2024	104
Gambar 4.16 Kondisi Suhu dan Kasus DBD Kota Metro Bulan April 2024	106
Gambar 4.17 Kondisi Suhu dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Mei 2024 ..	108
Gambar 4.18 Kondisi Kelembapan dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Januari 2024.....	111
Gambar 4.19 Kondisi Kelembapan dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Februari 2024	113
Gambar 4.20 Kondisi Kelembapan dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Maret 2024.....	115
Gambar 4.21 Kondisi Kelembapan dan Kasus DBD Kota Metro Bulan April 2024.....	117
Gambar 4.22 Kondisi Kelembapan dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Mei 2024.....	119
Gambar 4.23 Kondisi Curah Hujan dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Januari 2024.....	122
Gambar 4.24 Kondisi Suhu dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Februari 2024	124
Gambar 4.25 Kondisi Curah Hujan dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Maret 2024.....	126
Gambar 4.26 Kondisi Curah Hujan dan Kasus DBD Kota Metro Bulan April 2024.....	128
Gambar 4.27 Kondisi Curah Hujan dan Kasus DBD Kota Metro Bulan Mei 2024.....	130

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Etik Penelitian

Lampiran 2. Izin Penelitian Dinas Kesehatan Kota Metro

Lampiran 3. Titik Koordinat Kasus DBD di Kota Metro Januari-Mei 2024

Lampiran 4. Penandaan Koordinat Lokasi Kasus DBD

Lampiran 5. Data Mentah Landsat 8 dan 9 (Suhu dan Kelembapan)

Lampiran 6. Data Mentah CHIRPS (Curah Hujan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Demam berdarah *dengue* merupakan suatu penyakit infeksi akut dengan virus *Dengue* sebagai penyebabnya dan dapat ditularkan melalui vektor nyamuk melalui gigitannya (*World Health Organization, 2024a*). Demam berdarah *dengue* merupakan penyakit demam dengan manifestasi klinis mulai dari infeksi tanpa gejala hingga infeksi berat dengan disfungsi multi organ. Penyakit ini merupakan penyakit akibat infeksi Virus *Dengue* yang ditularkan oleh vektor nyamuk *Aedes aegypti*, termasuk ke dalam penyakit paling penting dan paling cepat berkembang di dunia saat ini, serta merupakan penyakit yang menjadi perhatian utama kesehatan masyarakat beberapa dekade terakhir karena besarnya potensi kematian akibat infeksi yang parah, khususnya di negara wilayah tropis dan subtropis (*Kularatne, 2022*).

Virus Dengue (DENV) merupakan virus RNA berantai tunggal kecil, bulat, dengan 10.700 basa nitrogen. Virus *Dengue* termasuk ke dalam genus *Flavivirus* dan famili *Flaviviridae*. Virus *West Nile*, virus Zika, dan virus ensefalitis yang ditularkan melalui kutu adalah anggota lain yang diketahui dari genus *Flavivirus* (*Santi et al., 2023*). *Virus Dengue* terdiri dari tiga protein struktural dan tujuh protein non-struktural. Tergantung pada perbedaan protein struktural dan non-struktural virus, ada empat serotipe virus *dengue*, yaitu DENV-1, DENV-2, DENV-3, hingga DENV-4 (*Roy, 2021*).

DBD ditularkan dari orang ke orang melalui gigitan nyamuk yang terinfeksi. Vektor utamanya adalah *Aedes aegypti*, nyamuk yang sangat mudah ditemukan

di pemukiman, aktif di pagi sampai sore hari, dan berkembang biak dalam wadah air di daerah sekitar pemukiman manusia. Telurnya bisa bertahan hidup dalam kondisi kering selama berbulan-bulan, lalu pada kontak pertama dengan air, siklus hidup dimulai. *Aedes albopictus* adalah vektor demam berdarah sekunder, terbatas pada beberapa wilayah di dunia dan disebut 'nyamuk harimau' karena morfologinya yang khas (Kularatne, 2022).

Prevalensi global DBD 20 tahun terakhir menunjukkan adanya peningkatan dari 505.430 kasus dan 960 kematian pada tahun 2000 menjadi 5,2 juta kasus dan 4.032 kematian pada tahun 2019 (*World Health Organization, 2024a*). *World Health Organization* (WHO) memperkirakan bahwa sekitar 2,5-3 miliar orang saat ini tinggal di zona penularan demam berdarah, dengan perkiraan terdapat 100-400 juta infeksi baru setiap tahunnya (*World Health Organization, 2023*). Pada tahun 2024, sampai 23 Juli, lebih dari 10 juta kasus telah dilaporkan dari 176 negara dengan lebih dari 24.000 kasus parah dan 6.508 kematian (*The Lancet, 2024*). Sementara per 5 September 2024, tercatat lebih dari 11 juta kasus DBD yang terjadi di dunia (Venkatesan, 2024).

incidence rate DBD per 100.000 penduduk di Indonesia secara nasional berfluktuasi 10 tahun terakhir dengan kejadian tertinggi yakni 78,9 pada 2016 dan 52,1 pada 2022 (Kementerian Kesehatan RI, 2023). Meskipun pada tahun 2023 mengalami penurunan, tetapi *incidence rate* DBD di Indonesia masih tergolong tinggi, yaitu 41,36 per 100.000 penduduk dengan 35 provinsi atau 92% memiliki IR DBD lebih tinggi dari target nasional, yaitu di bawah 10 per 100.000 penduduk, termasuk Provinsi Lampung (Kementerian Kesehatan RI, 2024). Berdasarkan laporan terbaru WHO, per 7 Juni 2024, telah dilaporkan 119.709 kasus *dengue* terkonfirmasi di Indonesia dengan 777 kematian secara nasional (*World Health Organization, 2024b*).

Selama 5 tahun terakhir, *incidence rate* DBD per 100.000 penduduk di Provinsi Lampung selalu lebih tinggi dari target nasional (di bawah 10 per 100.000 penduduk), yakni 66,4 pada 2019; 74,8 pada 2020; 26,4 pada 2021; 53,7 pada 2022; dan 24,9 pada 2023 (Dinas Kesehatan Provinsi Lampung, 2024). Pada tahun 2023, Kota Metro menyumbang jumlah kasus baru dengan *incidence rate*

tertinggi kedua yaitu 69 per 100.000 penduduk dan *case fatality rate* tertinggi pertama sebesar 1,7% kematian. Kota Metro juga sempat menyumbang kasus baru tertinggi pada 2021 sejumlah 81,2 kasus per 100.000 penduduk (Dinas Kesehatan Provinsi Lampung, 2024).

Faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran DBD berkaitan erat dengan keberadaan vektor nyamuk *Aedes aegypti* (Tansil *et al.*, 2021), meliputi lingkungan tempat tinggal, suhu, kelembapan, iklim, kebiasaan menggantung pakaian, penggunaan obat nyamuk, serta keberadaan vektor dan tempat berkembangbiaknya (Mentari, 2023). WHO juga menyebutkan bahwa urbanisasi, kepadatan penduduk, mobilitas manusia, akses ke sumber air, praktik penyimpanan air, serta iklim yang mencakup suhu, kelembapan, dan curah hujan merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap penyebaran DBD. Sementara pengetahuan, sikap, dan praktik masyarakat mengenai penyimpanan air, pemeliharaan tanaman, sampai perlindungan terhadap gigitan nyamuk merupakan faktor perilaku yang mempengaruhi (World Health Organization, 2024a).

Secara khusus, beberapa penelitian terdahulu menemukan adanya hubungan antara suhu, kelembapan, dan curah hujan dengan kejadian DBD. Penelitian yang dilakukan oleh Bone *et al.* menemukan adanya hubungan antara curah hujan dan suhu dengan kejadian DBD di Kota Manado tahun 2015-2020 (Bone *et al.*, 2021). Selaras dengan hasil penelitian tersebut, studi literatur Ernyasih dkk. terhadap 15 artikel juga mendapati 60% artikel menyatakan curah hujan dan kelembapan berhubungan dengan kejadian DBD, serta 67% artikel menyatakan bahwa suhu berhubungan dengan kejadian DBD (Ernyasih *et al.*, 2021).

Analisis spasial merupakan suatu teknik untuk mengkaji fenomena yang terjadi di suatu lokasi atau area geografis dengan mempertimbangkan dimensi ruang (Santoso, 2021). Analisis ini menggunakan data spasial, seperti peta, citra satelit, atau data berbasis koordinat, untuk memahami hubungan, pola, distribusi, dan interaksi yang terjadi di ruang tertentu (Awangga, 2019). Analisis spasial yang diaplikasikan di bidang kesehatan secara maksimal dan

tepat sasaran dapat menjadi alat penting dalam perencanaan kesehatan masyarakat, epidemiologi, serta pengembangan kebijakan yang lebih baik (Setiyadi *et al.*, 2021).

Sampai saat ini, belum banyak penelitian mengenai demam berdarah *dengue* (DBD) yang menggunakan analisis spasial, termasuk di Kota Metro yang memiliki jumlah penduduk 178.381 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2024), dengan kejadian DBD sebanyak 248 kejadian pada Januari-Mei 2024 yang artinya memiliki *incidence rate* 139,02 per 100.000 penduduk (Dinas Kesehatan Kota Metro, 2024). *Software* ArcGis merupakan perangkat lunak komputer yang dapat digunakan peneliti dalam pemodelan dan menganalisis hubungan faktor persebaran DBD dengan terbentuknya pola distribusi kejadian DBD di Kota Metro (Ma, 2022). Oleh sebab itu, berdasarkan hal-hal yang telah dipaparkan sebelumnya, peneliti melalui penelitian ini berupaya untuk memberikan gambaran pola spasial hubungan kejadian Demam Berdarah *Dengue* dengan suhu, kelembapan, dan curah hujan di Kota Metro pada periode Januari-Mei tahun 2024.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pola distribusi spasial kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) berdasarkan analisis *Average Nearest Neighbour (ANN) Analysis* di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024?
2. Bagaimana keterkaitan faktor suhu dengan pola persebaran kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) berdasarkan analisis *Overlay* di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024?
3. Bagaimana keterkaitan faktor kelembapan dengan pola persebaran kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) berdasarkan analisis *Overlay* di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024?
4. Bagaimana keterkaitan faktor curah hujan dengan pola persebaran kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) berdasarkan analisis *Overlay* di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah mengetahui pola distribusi spasial kejadian Demam Berdarah *Dengue* berdasarkan suhu, kelembapan, dan curah hujan di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui bagaimana pola distribusi spasial kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) berdasarkan analisis *Average Nearest Neighbour* (ANN) *Analysis* di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024.
2. Mengetahui bagaimana keterkaitan faktor suhu dengan pola persebaran kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024.
3. Mengetahui bagaimana keterkaitan faktor kelembapan dengan pola persebaran kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024.
4. Mengetahui bagaimana keterkaitan faktor curah hujan dengan pola persebaran kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan, wawasan, dan pengalaman peneliti berkaitan dengan epidemiologi, infeksi tropis, serta teknologi informasi spasial, khususnya tentang pola distribusi spasial

kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) berdasarkan suhu, kelembapan, dan curah hujan di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024

1.4.2 Bagi Pembaca dan Masyarakat

1. Referensi penunjang dan keilmuan tentang pola distribusi spasial kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) berdasarkan suhu, kelembapan, dan curah hujan di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024.
2. Bahan kajian dalam pengambilan kebijakan mengenai demam berdarah *dengue* (DBD) di Kota Metro.
3. Bahan kajian dalam pemanfaatan data spasial kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) dengan menggunakan teknologi Sisten Informasi Grafis.

1.4.3 Bagi Institusi

1. Dapat menambah bahan kepustakaan dan sumber keilmuan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.
2. Dapat menjadi dasar pengembangan penelitian-penelitian berikutnya dalam melakukan analisis spasial dengan tempat atau topik yang berbeda.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Demam Berdarah *Dengue*

2.1.1 Definisi Demam Berdarah *Dengue*

Demam Berdarah *Dengue* ialah penyakit infeksi akut yang disebabkan oleh virus *Dengue* dan ditularkan melalui vektor nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* melalui gigitannya (World Health Organization, 2024a). Virus ini berasal dari famili *Flaviviridae* yang mempunyai sejumlah empat serotipe utama, antara lain DEN-1, DEN-2, DEN-3, serta DEN-4. Terdapat tiga fase klinis pada DBD, yaitu fase demam, fase kritis, dan fase penyembuhan. Fase demam ditandai dengan pasien mendadak demam tinggi, seringkali dibarengi dengan gejala penyerta seperti nyeri otot (*myalgia*), sakit kepala hebat, nyeri sendi (*arthralgia*), serta ruam. Fase ini berlangsung sekitar 2-7 hari serta dapat dibarengi perdarahan ringan, contohnya mimisan atau perdarahan gusi. Fase kritis biasanya terjadi ketika demam mulai mereda, namun justru inilah fase yang paling berbahaya karena terjadi kebocoran plasma yang disebabkan peningkatan permeabilitas kapiler. Kondisi ini bisa menyebabkan penurunan volume darah yang tajam, memicu hipotensi, dan berpotensi berkembang menjadi syok sirkulasi atau SSD yang memerlukan intervensi medis segera (Frida, 2020; Kementerian Kesehatan RI, 2020).

DBD adalah masalah kesehatan masyarakat yang signifikan di dunia, terutama di negara-negara tropis dan subtropis seperti Brasil, Filipina, dan Indonesia. Perubahan iklim, urbanisasi, dan pertumbuhan populasi nyamuk telah memperburuk penyebaran penyakit ini. Upaya kolektif dari pemerintah,

tenaga kesehatan, dan masyarakat dalam edukasi serta pemberantasan vektor sangat penting untuk menekan angka kejadian DBD dan mencegah wabah di masa depan (Sutriyawan, 2021).

2.1.2 Etiologi Demam Berdarah *Dengue*

Demam berdarah *dengue* adalah suatu penyakit infeksi akut dengan etiologi virus *dengue* yang termasuk dalam kelompok *arbovirus*, genus *flavivirus*, dan famili *flaviviridae*. Virus *dengue* memiliki empat serotipe, yakni DENV-1 hingga DENV-4, seluruhnya sudah ada di Indonesia sejak tahun 1970. Menurut *World Health Organization* (WHO), lebih dari 2,5 miliar orang di dunia berisiko terinfeksi virus ini (Agnesia *et al.*, 2023).

Virus *dengue* masuk ke tubuh manusia melalui gigitan nyamuk, terutama nyamuk *Aedes aegypti* yang terinfeksi virus tersebut. Setiap serotipe virus *dengue* bisa ditularkan melalui gigitan nyamuk ini. Selain *Aedes aegypti*, nyamuk *Aedes albopictus*, *Aedes polynesiensis*, dan *Aedes scutellaris* juga dapat menjadi vektor penyebaran DBD. Setiap spesies nyamuk memiliki ekologi, perilaku, dan distribusi geografis yang spesifik.

2.1.3 Faktor Risiko Demam Berdarah *Dengue*

Faktor risiko penyebaran Demam Berdarah *Dengue* (DBD) dapat dianalisis berdasarkan tiga komponen utama dalam trias epidemiologi klasik, yaitu agen (penyebab penyakit), pejamu (inang/manusia), dan lingkungan.

1. Agen

a. Keberagaman Serotipe Virus

Serotipe virus *dengue* yang utama ada 4, yakni DEN-1, DEN-2, DEN-3, dan DEN-4. Seseorang yang terinfeksi oleh satu serotipe tidak kebal terhadap serotipe lainnya, dan infeksi oleh serotipe lain dapat menyebabkan risiko infeksi sekunder yang lebih berat. Fenomena ini dikenal sebagai *antibody-dependent enhancement*

(ADE), yaitu keadaan ketika infeksi berikutnya dapat diperburuk antibodi dari infeksi pertamanya (Santi *et al.*, 2023).

b. Virulensi Virus

Strain virus *dengue* tertentu dapat lebih virulen atau lebih ganas, sehingga meningkatkan keparahan penyakit dan kemungkinan terjadinya bentuk berat dari DBD, seperti *Dengue Shock Syndrome* (DSS) (Roy dan Bhattacharjee, 2021).

c. Kemampuan Bereplikasi

Virus *dengue* dapat dengan cepat bereplikasi di dalam tubuh nyamuk vektor dan juga inang manusia. Semakin cepat virus bereplikasi, semakin cepat pula penularan antarindividu dapat terjadi (Roy dan Bhattacharjee, 2021).

d. Mutasi Virus

Seperti virus RNA lainnya, virus *dengue* dapat mengalami mutasi, sehingga memungkinkan strain baru muncul dan menyebabkan penyakit yang lebih parah atau lebih mudah menular. Mutasi juga dapat mempengaruhi bagaimana sistem imun manusia merespon virus (Oroh *et al.*, 2020; Asih *et al.*, 2023; Binsasi *et al.*, 2021).

2. Pejamu

a. Status Imunitas

Seseorang akan memiliki kekebalan seumur hidup ketika terinfeksi satu serotipe virus *dengue*, tetapi lebih rentan terhadap serotipe lain. Infeksi sekunder dapat meningkatkan risiko terjadinya DBD berat akibat mekanisme ADE.

b. Usia

Anak-anak dan lansia lebih rentan terhadap DBD yang parah, karena sistem kekebalan mereka mungkin kurang kuat dalam melawan infeksi. Anak-anak sering kali mengalami gejala yang lebih parah dibandingkan orang dewasa.

c. Kondisi Kesehatan

Orang dengan kondisi kesehatan yang buruk, seperti kekurangan gizi, penyakit kronis, atau sistem kekebalan yang lemah, lebih rentan terhadap komplikasi DBD.

d. Perilaku Manusia

Kebiasaan atau perilaku manusia yang mempengaruhi risiko terpapar nyamuk, seperti tidak menggunakan kelambu, pakaian tertutup, atau repelen nyamuk, dapat meningkatkan risiko terkena gigitan nyamuk yang terinfeksi.

e. Mobilitas Penduduk

Mobilitas tinggi antarwilayah, terutama antara daerah endemik dan non-endemik, dapat memfasilitasi penyebaran virus. Orang yang terinfeksi dapat membawa virus ke wilayah lain, di mana nyamuk dapat menularkan virus ke populasi lokal (Ahmad *et al.*, 2023; Anggraini *et al.*, 2021; Oroh *et al.*, 2020).

3. Lingkungan

a. Iklim (Suhu dan Kelembapan)

Nyamuk *Aedes* berkembang biak dengan baik di lingkungan yang hangat dan lembap. Suhu optimal untuk perkembangan nyamuk berkisar antara 20-30°C. Tingginya curah hujan juga dapat menciptakan lebih banyak genangan air yang selanjutnya dapat menjadi tempat bertelurnya nyamuk.

b. Musim Hujan

Di daerah tropis, kasus DBD sering kali meningkat selama musim hujan karena banyaknya genangan air yang menjadi tempat berkembang biak nyamuk. Meskipun tidak mempengaruhi secara langsung, tetapi musim hujan terbukti memiliki pengaruh terhadap peningkatan kasus DBD. Suhu yang hangat dan kelembapan yang tinggi pada musim hujan juga mempercepat siklus hidup nyamuk.

c. Kepadatan Penduduk dan Urbanisasi

Daerah dengan kepadatan penduduk tinggi, terutama di perkotaan, memberikan peluang yang lebih besar bagi nyamuk untuk menggigit banyak orang dalam jarak yang relatif dekat. Urbanisasi yang tidak terencana juga menyebabkan masalah sanitasi yang buruk, seperti adanya tumpukan sampah dan genangan air.

d. Sanitasi dan Pengelolaan Sampah

Kondisi sanitasi yang buruk, terutama genangan air, ban bekas, kaleng bekas, dan wadah-wadah air yang tidak tertutup, menciptakan tempat ideal bagi nyamuk untuk bertelur. Lingkungan yang kotor dan penuh sampah meningkatkan risiko populasi nyamuk berkembang dengan cepat.

e. Perubahan Iklim

Perubahan iklim global yang menyebabkan kenaikan suhu dan pola curah hujan yang tidak teratur dapat memperluas jangkauan geografis nyamuk *Aedes* ke wilayah baru yang sebelumnya tidak endemik DBD.

f. Pengendalian Vektor yang Tidak Efektif

Kegagalan dalam program pengendalian vektor, seperti penggunaan insektisida yang tidak efisien atau resistensi nyamuk terhadap insektisida, dapat meningkatkan populasi nyamuk dan risiko penyebaran DBD (Agnesia *et al.*, 2023; Mentari, 2023; Tansil *et al.*, 2021).

2.1.4 Patogenesis Demam Berdarah *Dengue*

Hingga sekarang, belum ada satu teori yang menyeluruh mampu menjelaskan patogenesis infeksi *dengue*. Belum tersedianya model hewan yang dapat merepresentasikan respons dan manifestasi infeksi *dengue* seperti yang terjadi pada manusia secara akurat merupakan salah satu hambatannya.

Berbagai teori sudah diajukan oleh para peneliti untuk memahami proses yang berlangsung pada penderita dengue (DBD), di antaranya adalah antibody dependent enhancement (ADE), imunitas bawaan, viral load, tingkat virulensi, respons sel T, badai sitokin, apoptosis, gangguan autoimun, serta faktor genetik. Meskipun beragam, seluruh teori tersebut memiliki titik temu bahwa pusat utama gangguan dalam infeksi dengue berada pada endotel kapiler pembuluh darah (Frida, 2020; Agnesia *et al.*, 2023).

Endotel berperan krusial dalam menjaga kestabilan permeabilitas pembuluh darah, mengatur tekanan vaskular, mengarahkan pergerakan sel darah, memproduksi zat kemotaktik, serta mencegah terjadinya pembekuan darah. Seluruh fungsi tersebut dibutuhkan untuk memastikan darah mengalir ke berbagai organ tubuh selalu baik. Untuk menjalankan perannya secara efektif, kestabilan sel endotel perlu dijaga melalui ikatan antarsel yang dibentuk oleh berbagai protein. Dua jenis ikatan utama yang berperan adalah *tight junction* dan *adherens junction*, yang menciptakan celah sangat kecil di antara sel-sel endotel (disebut jalur paraseluler). Celah ini hanya memungkinkan molekul dengan diameter tidak lebih dari 2 nanometer, misalnya urea, elektrolit, glukosa, dan air untuk melewati dinding pembuluh. Jika celah tersebut melebar, molekul-molekul yang lebih besar, bahkan sel darah, dapat lolos dan menyebabkan kebocoran plasma (Shimelis *et al.*, 2023).

Pada kasus DBD, kebocoran plasma memang terjadi. Selama fase infeksi, mediator inflamasi seperti *bradikinin*, *histamin*, *anafilatoksin C5a* dan *C3a*, aktivasi sistem komplemen, *interleukin (IL)-6*, *IL-1*, *tumor necrosis factor alpha (TNF- α)*, *vascular endothelial growth factor (VEGF)*, *thrombin*, antibodi dilepaskan. Zat-zat ini bisa memicu kontraksi filamen aktin dan aktivasi pada sel endotel kapiler. Kontraksi tersebut mengakibatkan protein penyusun ikatan antar sel endotel, seperti *adherens junction* dan *tight junction*, tertarik ke dalam sel, sehingga memperbesar celah antar sel endotel. Akibatnya, terjadi peningkatan permeabilitas yang menyebabkan kebocoran plasma (Wang, Urbina, Max R Chang, *et al.*, 2020).

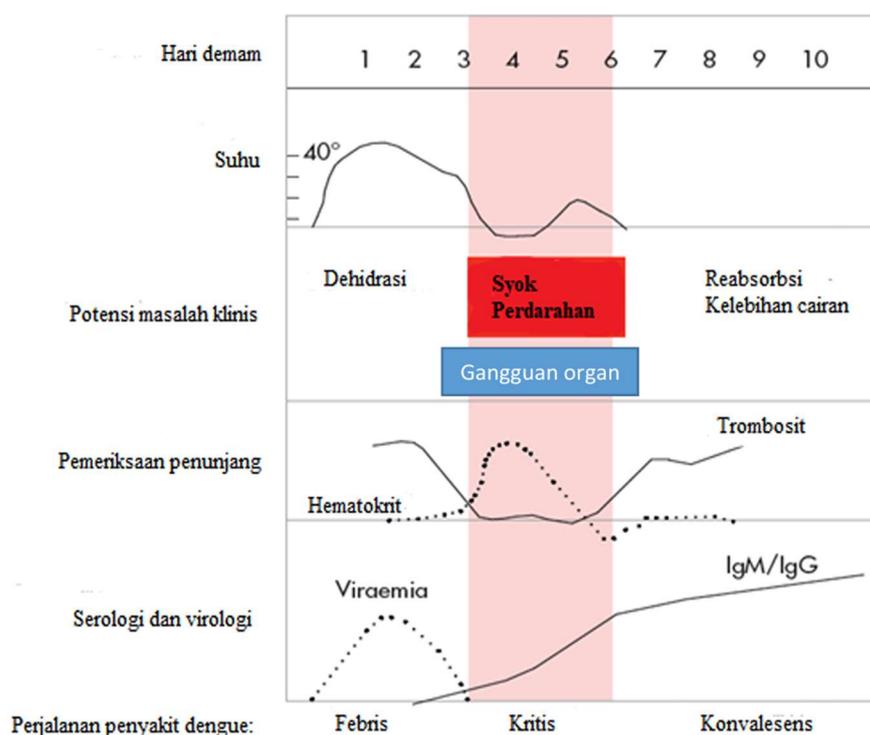
Selain itu, sel-sel leukosit turut berkontribusi dalam terjadinya kebocoran plasma. Saat terjadi aktivasi sel endotel, terjadi ekspresi adhesi molekul seperti *vascular cell adhesion molecule-1* (VCAM-1), *intercellular adhesion molecule-1* (ICAM-1), *p-selectin*, *e-selectin*, dan PECAM-1. Ekspresi berbagai molekul tersebut mengakibatkan leukosit menempel dan bermigrasi di sepanjang permukaan endotel. Peningkatan jumlah molekul adhesi memperbesar jumlah leukosit yang melekat pada endotel, yang kemudian memicu terjadinya peradangan lokal, merusak sel-sel endotel, serta memperburuk plasma yang bocor. Selain itu, penurunan jumlah leukosit dalam sirkulasi (*leukopenia*) juga dapat disebabkan oleh proses migrasi leukosit, yang turut memperparah kondisi kebocoran plasma (Halim, 2024).

Mekanisme pasti dari infeksi dengue berat masih belum sepenuhnya dimengerti. Perkembangan kondisi ini dipengaruhi oleh respons imun tubuh, faktor genetik individu, serta karakteristik virus itu sendiri. Sejumlah faktor risiko individu, seperti infeksi sekunder, usia, latar belakang etnis, dan penyakit penyerta seperti hipertensi, anemia sel sabit, asma bronkial, dan diabetes mellitus, turut menentukan tingkat keparahan infeksi. Kebocoran plasma adalah komponen kunci yang memengaruhi seberapa berat perjalanan penyakit DBD. Kondisi ini dapat menyebabkan penurunan kadar albumin dan natrium, hemokonsentrasi, serta penumpukan cairan di rongga pleura, perikardium, dinding kandung empedu, hingga peritoneum. Jika tidak dikenali dan ditangani secara cepat dan tepat, kondisi tersebut berisiko menimbulkan syok hingga kematian (Parveen *et al.*, 2023; Trivedi, 2022).

2.1.5 Manifestasi Klinis dan Perjalanan Penyakit Demam Berdarah *Dengue*

Virus dengue sama-sama penyebab demam *dengue* dan demam berdarah *dengue*, tetapi ada perbedaan patofisiologinya yang menghasilkan variasi gejala klinis. Perbedaan paling mencolok ada pada renjatan khas DBD yang disebabkan oleh kebocoran plasma yang berkaitan dengan respon imunologis. Pada DD, kebocoran plasma ini tidak terjadi (Parveen *et al.*, 2023).

Perjalanan klinis penyakit demam *dengue* dan demam berdarah *dengue* ditentukan sekali oleh hitungan hari demam. Ketika sudah lewat dari waktu inkubasi, pasien umumnya menjalani 3 tahapan. Tahap pertama yaitu fase demam selama 2 sampai 7 hari, meskipun rata-rata hanya sekitar 3 hari. Fase ini (hari ke-1 hingga ke-3 demam) kemudian berlanjut ke fase kritis yang berlangsung sekitar 2 hingga 3 hari (hari ke-4 hingga ke-6), dan selanjutnya masuk ke fase konvalesen. Mengetahui hari ke berapa demam berlangsung penting sekali pada infeksi *dengue* untuk mengidentifikasi tahapan penyakit yang sedang dijalani pasien. Kondisi pasien dapat diperkirakan secara lebih akurat dan penanganan yang sesuai dapat segera dilakukan. Hal ini berperan penting dalam menurunkan risiko kematian. *World Health Organization* tahun 2009 telah menggambarkan ketiga fase tersebut secara jelas dalam bentuk diagram perjalanan penyakit *dengue* (Kementerian Kesehatan RI, 2021).



Gambar 2.1 Perjalanan Penyakit DBD (Kementerian Kesehatan RI, 2021)

1. Fase Demam

Demam tinggi yang mendadak adalah gejala khas tahapan ini. Demam tersebut rata-rata terjadi selama 2 hingga 7 hari serta dibarengi nyeri seluruh tubuh, *myalgia*, eritema kulit, *flushing* wajah, artralgia, anoreksia, mual, muntah, dan sakit kepala. Terkadang, injeksi faring, sakit tenggorokan, serta injeksi konjungtiva juga bias terjadi. Suhu tertinggi pada fase viremia biasanya terjadi selama 3 hingga 4 hari pertama setelah munculnya demam, lalu menurun secara cepat sampai tak terdeteksi beberapa hari selanjutnya. Demam dan tingkat viremia berkorelasi, sementara antibodi IgM mulai meningkat seiring dengan penurunan demam (Kementerian Kesehatan RI, 2020).

2. Fase Kritis

urunnya suhu tubuh menjadi sekitar 37,5–38°C atau bahkan lebih rendah yang menetap biasanya menandai masuknya fase kritis. Penurunan suhu yang drastis ini dikenal sebagai fase defervesen dan umumnya terjadi antara hari ke-3 hingga ke-7 perjalanan penyakit. Meskipun disebut "fase kritis", tidak semua pasien berada dalam kondisi yang membahayakan. Istilah ini digunakan karena kebocoran plasma paling sering terjadi pada fase ini dan rata-rata berlangsung selama 1 hingga 2 hari. Saat demam mulai reda, komplikasi berat akibat kebocoran plasma justru berisiko tinggi pada pasien. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemantauan ketat terhadap tanda-tanda kebocoran plasma, perdarahan, dan kebocoran cairan ke rongga abdomen dan pleura, menjaga keseimbangan volume cairan, dan melakukan penanganan medis yang sesuai. Apabila tak ditangani secara tepat, kondisi ini bias mengakibatkan penurunan volume darah dalam pembuluh (intravaskular) dan berujung pada kegagalan jantung (Melly, 2022; Santi *et al.*, 2023).

Tanda kebocoran plasma mencakup peningkatan mendadak hematokrit $\geq 20\%$ dari baseline (hemokonsentrasi), efusi pleura, asites, serta rendahnya kadar protein serum atau albumin (sesuai jenis kelamin dan usia). Pada pasien dengan kebocoran plasma, tanda-tanda

hemodinamik yang terkait dengan syok terkompensasi, seperti peningkatan denyut jantung sesuai usia (terutama jika tidak ada demam), nadi yang cepat dan lemah, ekstremitas dingin, tekanan nadi yang menyempit (perbedaan antara sistolik dan diastolik <20 mmHg), *capillary refill time* (CRT) lebih dari 3 detik, serta penurunan keluaran urin (oliguria), harus dipantau dengan ketat (Santi *et al.*, 2023).

3. Fase Konvalesen

Fase ketiga dimulai setelah berakhirnya fase kritis dan ditandai dengan berhentinya kebocoran plasma serta dimulainya proses reabsorpsi cairan. Pada tahap ini, cairan yang sebelumnya keluar dari pembuluh darah ke ruang ekstravaskular selama fase kritis mulai diserap kembali ke dalam sirkulasi. Tanda-tanda yang menunjukkan bahwa pasien telah memasuki fase pemulihan atau konvalesen antara lain kondisi klinis yang membaik, meningkatnya nafsu makan, tanda vital yang stabil, denyut jantung melambat (bradikardia), nilai hematokrit yang kembali normal, peningkatan produksi urin, serta munculnya ruam khas konvalesen dengue. Ruam ini biasanya muncul 2–3 hari setelah demam mereda dan ditandai dengan bercak-bercak petechiae yang menyatu dan tidak memucat saat ditekan, di antara area kulit normal berbentuk pulau kecil yang disebut “pulau putih di lautan merah.” Ruam ini akan menghilang secara bertahap dalam waktu sekitar satu minggu. Pada fase ini, sangat penting untuk mengenali tanda-tanda bahwa cairan dalam pembuluh darah telah kembali stabil dan proses reabsorpsi sedang berlangsung. Bila hal ini terdeteksi, kecepatan maupun jumlah pemberian cairan intravena perlu disesuaikan, bahkan dihentikan jika diperlukan, untuk mencegah kelebihan cairan. Komplikasi yang muncul pada fase konvalesen umumnya berkaitan dengan manajemen cairan yang tidak tepat (Kularatne, 2022; Wang *et al.*, 2020b).

2.1.6 Klasifikasi Demam Berdarah *Dengue*

Klasifikasi Demam Berdarah *Dengue* (DBD) oleh WHO telah mengalami beberapa perubahan signifikan pada tahun 1997 dan 2009. Terdapat perdebatan yang cukup besar mengenai nilai dari kriteria klasifikasi kasus *dengue* oleh *World Health Organization* (WHO) tahun 1997 dan 2009 untuk diagnosis dan penanganannya. Perbedaan antara demam *dengue* klasik (DD) dan demam berdarah *dengue* (DBD) atau *dengue* berat merupakan aspek kunci dari klasifikasi kasus *dengue*. Perluasan geografis *dengue* dan peningkatan insidensi pada kelompok usia yang lebih tua telah berkontribusi pada keterbatasan penerapan definisi kasus tahun 1997 (Kementerian Kesehatan RI, 2021; Kularatne, 2022).

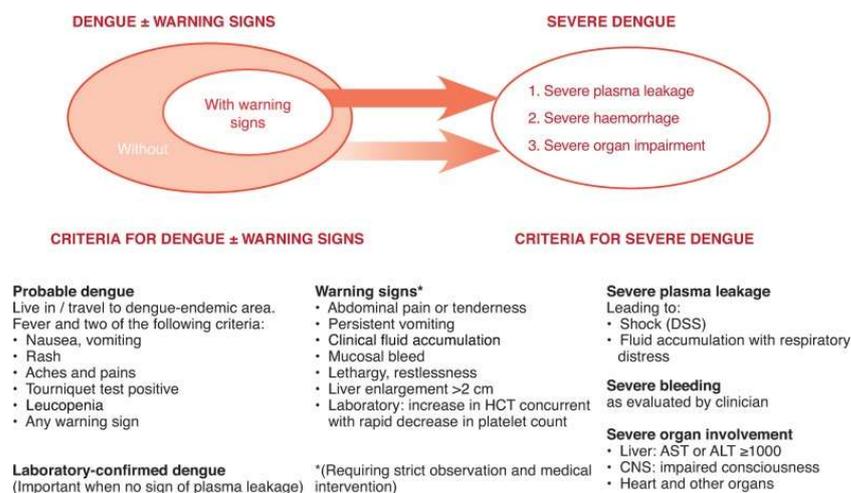
Klasifikasi WHO tahun 1997 menitikberatkan pada tingkat keparahan penyakit berdasarkan gejala dan kondisi klinis, dengan membedakan secara tegas antara demam *dengue* (DD), demam berdarah *dengue* (DBD), dan *dengue shock syndrome* (DSS). Namun, seiring meningkatnya angka kejadian *dengue* serta penyebarannya secara geografis, klasifikasi ini mulai menunjukkan berbagai keterbatasan. Pengelompokan yang kaku antara DD, DBD, dan DSS dinilai kurang fleksibel, sehingga banyak kasus yang tidak sepenuhnya sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Terkadang terjadi tumpang tindih antara fase atau gejala, yang menyulitkan tenaga medis dalam menilai tingkat keparahan secara akurat. Hal ini menjadi tantangan, terutama ketika pasien menunjukkan gejala serius tetapi tidak memenuhi seluruh kriteria formal untuk DBD (Jayarajah *et al.*, 2020).

Tabel 2.1 Klasifikasi DBD WHO 1997 (Kementerian Kesehatan RI, 2020)

No.	DD/DBD	DERAJAT	TANDA DAN GEJALA	UJI LABORATORIUM
1.	DD	-	Demam dengan dua dari berikut ini: 1. Tidak ada bukti kebocoran plasma 2. Nyeri retroorbital	1. Tidak ada bukti kebocoran plasma) 2. Trombositopenia (trombosit ≤ 150.000 sel/mm ³)

No.	DD/DBD	DERAJAT	TANDA DAN GEJALA	UJI LABORATORIUM
			3. Nyeri kepala	3. Leukopenia (leukosit ≤ 5000 sel/mm ³)
			4. Ruam kulit	
			5. Arthralgia	4. Peningkatan hematokrit (5%-10%)
			6. Mialgia	
			7. Manifestasi perdarahan	
2.	DBD	I	Demam dan manifestasi perdarahan (uji torniket positif) dan adanya bukti kebocoran plasma	Trombositopenia (trombosit ≤ 100.000 sel/mm ³); peningkatan Hematokrit $\geq 20\%$
3.	DBD	II	DBD derajat I dan perdarahan spontan	Trombositopenia (trombosit ≤ 100.000 sel/mm ³); peningkatan Hematokrit $\geq 20\%$
4.	DBD	III	DBD derajat I dan II disertai kegagalan sirkulasi (akral dingin dan lembap)	Trombositopenia (trombosit ≤ 100.000 sel/mm ³); peningkatan Hematokrit $\geq 20\%$
5.	DBD	IV	Syok berat disertai dengan tekanan darah tidak terukur dan nadi yang tidak teraba	Trombositopenia (trombosit ≤ 100.000 sel/mm ³); peningkatan Hematokrit $\geq 20\%$

Sementara klasifikasi WHO 2009 lebih sederhana dan bertujuan untuk memudahkan diagnosis klinis, dengan memperkenalkan dan menekankan pada "tanda peringatan" untuk meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi komplikasi serta manajemen yang lebih tepat. Meskipun klasifikasi ini dianggap lebih efektif dalam mendeteksi *dengue* berat, ada beberapa tantangan dalam penerapannya, yaitu beberapa ahli menganggap bahwa kategori "*dengue* dengan tanda peringatan" terlalu luas, sehingga dapat menyebabkan over-diagnosis dan rujukan yang tidak perlu ke fasilitas kesehatan tersier, serta definisi tanda peringatan yang kurang spesifik, beberapa tanda peringatan seperti nyeri perut atau muntah dapat terjadi pada banyak kondisi lain, sehingga membuat diagnosis klinis menjadi kurang jelas (Jayarajah *et al.*, 2020).



Gambar 2.2 Klasifikasi DBD WHO 2009 (Hadinegoro, 2012)

2.1.7 Tatalaksana Demam Berdarah *Dengue*

Demam *dengue* (DD) dan demam berdarah *dengue* (DBD) belum memiliki pengobatan spesifik. Pendekatan utama dalam penanganannya adalah melalui terapi suportif. Dukungan terapi yang tepat dan memadai dapat menurunkan tingkat kematian hingga di bawah 1%. Menjaga kestabilan volume cairan dalam sirkulasi darah menjadi aspek paling penting dalam pengelolaan DBD. Asupan cairan, terutama secara oral, harus terus dipantau. Jika asupan cairan melalui mulut tidak mencukupi, pemberian cairan intravena perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya hemokonsentrasi dan dehidrasi. Pentingnya deteksi dini terhadap kebocoran plasma tidak dapat diabaikan, karena hal ini memungkinkan penanganan yang lebih cepat dan efektif, serta dapat menurunkan risiko kematian akibat infeksi *dengue* (Pan American Health Organization, 2022).

Menurut Kementerian Kesehatan (2020), protokol penanganan DBD dewasa dibagi dalam 6 kategori, yakni penanganan tersangka (*probable*) DBD, pemberian cairan pada tersangka DBD di ruang rawat inap, pemberian cairan pada kasus DBD dengan tanda peringatan, penatalaksanaan perdarahan spontan pada DBD, penatalaksanaan DBD dengan syok terkompensasi, penatalaksanaan sindroma syok *dengue*.

2.1.8 Suhu, Kelembapan, dan Curah Hujan Sebagai Faktor Risiko Kejadian

Demam Berdarah *Dengue*

Faktor risiko demam berdarah *dengue* (DBD) biasanya dikelompokkan berdasarkan trias epidemiologi klasik, yakni, agen, pejamu, dan lingkungan. Suhu, kelembapan, dan curah hujan termasuk ke dalam faktor lingkungan yang mempengaruhi penyebaran penyakit DBD. Ketiganya berperan dalam mendukung agen vektor (nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*) dalam berkembangbiak, beraktivitas, dan bertahan hidup (Asniati *et al.*, 2021). Faktor risiko DBD juga dapat dikelompokkan menjadi 5 kelompok besar, yaitu sosiodemografi, klimatologi, perilaku pencegahan, lingkungan, dan tempat tinggal nyamuk. Suhu, kelembapan, dan curah hujan merupakan faktor risiko yang berpengaruh dalam penyebaran penyakit DBD dan masuk ke dalam kelompok klimatologi dalam pembagian kelompok ini (Mentari, 2023).

2.1.8.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor risiko utama dalam kejadian Demam Berdarah *Dengue* (DBD) karena secara langsung memengaruhi siklus hidup nyamuk vektor, replikasi virus *dengue*, serta pola penyebaran penyakit. Pada suhu yang lebih tinggi, nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* berkembang lebih cepat dari telur menjadi dewasa, akibatnya aktivitas nyamuk meningkat, termasuk mencari makan serta bertelur. Selain itu, suhu hangat memperpendek periode inkubasi ekstrinsik, yaitu waktu yang dibutuhkan virus *dengue* untuk bereplikasi di dalam tubuh nyamuk sebelum dapat ditularkan melalui gigitan (Bone *et al.*, 2021).

Replikasi virus *dengue* paling efisien terjadi pada suhu antara 25°C hingga 30°C, sehingga mempercepat penyebaran penyakit. Suhu yang lebih hangat juga memungkinkan nyamuk untuk berkembang di wilayah-wilayah baru yang sebelumnya lebih dingin, memperluas jangkauan penyebaran DBD.

Suhu juga berkorelasi dengan musim hujan, di mana kondisi lembap dan adanya genangan air menciptakan lingkungan ideal bagi nyamuk untuk bertelur. Dalam beberapa kasus, suhu tinggi bahkan dapat mempercepat perkembangan resistensi nyamuk terhadap insektisida, membuat pengendalian vektor lebih sulit. Kombinasi antara suhu tinggi, kelembapan, dan perubahan iklim berperan besar dalam meningkatkan risiko penyebaran DBD di berbagai wilayah (Ernyasih *et al.*, 2021).

Nyamuk *Aedes aegypti* adalah hewan berdarah dingin dengan siklus hidup serta kemampuan metabolisme yang amat bergantung pada suhu lingkungannya. Rata-rata suhu optimal yang diperlukan bagi pertumbuhan nyamuk adalah 26-32°C (Mentari, 2023). Sementara penelitian lain menggunakan nilai *cut off* 20-30°C sebagai suhu optimal pertumbuhan nyamuk (Lesmana & Halim, 2020). Apabila suhu kurang dari 10°C atau lebih dari 40°C, pertumbuhan nyamuk dapat berhenti sama sekali. Suhu rendah di daerah non tropis yang bisa mencapai 0°C dapat membuat larva dan nyamuk mati. (Ariati, 2012; Nisaa, 2018).

Land Surface Temperature (LST) memiliki validitas yang tinggi sebagai metode pengambilan data suhu dalam studi demam berdarah *dengue* (DBD) karena dihasilkan dari sensor termal satelit yang telah teruji secara ilmiah, seperti Landsat dan MODIS (Nejad & Zoratipour, 2019; EROS Center, 2020). LST mampu memberikan informasi suhu permukaan bumi secara akurat, konsisten dan mencakup wilayah yang luas, sehingga sangat andal untuk analisis spasial (Kumar & Agrawal, 2020; Tsai *et al.*, 2018). Dalam konteks epidemiologi DBD, LST terbukti valid dalam merepresentasikan kondisi suhu lingkungan yang mendukung perkembangan nyamuk *Aedes aegypti*, terutama di wilayah urban yang mengalami efek pulau panas (Imran *et al.*, 2021). Penggunaan LST dalam berbagai penelitian, seperti model GWR dan I-SpaDE, secara konsisten menunjukkan bahwa suhu yang diukur melalui LST berkorelasi kuat dengan peningkatan kasus DBD (Naqvi *et al.*, 2021; Tariq & Zaidi, 2019; Acharya *et al.*, 2018).

2.1.8.2 Kelembapan

Kelembapan adalah jumlah total uap air yang terdapat di udara, atau dapat diartikan juga sebagai rasio antara jumlah uap air yang ada di udara pada waktu tertentu dengan jumlah maksimum uap air yang dapat ditampung udara pada tekanan dan suhu yang sama. Kelembapan udara berpengaruh terhadap kelangsungan hidup nyamuk. Kelembapan rendah memperpendek umur nyamuk, sementara umur dapat diperpanjang dengan kelembapan tinggi. Tingkat kelembapan optimal yang dibutuhkan dalam pertumbuhan nyamuk adalah 70-90%. Apabila kelembapan tidak lebih dari 60%, masa hidup nyamuk menjadi pendek sehingga siklus pertumbuhan virus di dalam tubuh nyamuk tidak akan selesai (Nisaa, 2018; Canon *et al.*, 2020).

Normalized Difference Moisture Index (NDMI) juga memiliki validitas yang kuat sebagai metode pengukuran kelembapan permukaan tanah menggunakan data satelit, yang sangat relevan dalam studi penyakit DBD (Naqvi *et al.*, 2021). NDMI dihitung dari perbedaan reflektansi antara pita dekat-inframerah dan inframerah gelombang pendek pada citra satelit, yang sensitif terhadap kandungan air dan kelembapan di vegetasi dan tanah. Karena kelembapan merupakan faktor penting yang mempengaruhi habitat dan perkembangan nyamuk *Aedes aegypti*, penggunaan NDMI memungkinkan identifikasi area dengan kondisi kelembapan yang mendukung perkembangbiakan nyamuk tersebut (Naqvi *et al.*, 2021). Validitas NDMI sebagai indikator kelembapan telah dibuktikan dalam berbagai penelitian lingkungan dan epidemiologi, karena data satelitnya menyediakan cakupan luas, frekuensi pengambilan data yang tinggi, dan resolusi spasial yang memadai (Kumar & Agrawal, 2020; Nejad & Zoratipour, 2019; Sintayehu *et al.*, 2020). Pada perhitungan kelembapan menggunakan metode citra landsat, skala yang digunakan adalah *range* -1 sampai 1, dengan semakin besar angkanya berarti semakin lembap (Sintayehu *et al.*, 2020; Kumar & Agrawal, 2020). Rahmah pada penelitiannya membagi menjadi empat kategori kelembapan, yakni <0 sebagai sangat kering, 0-0,2 sebagai kering, 0,2-0,4 sebagai lembap, dan

>0,4 sebagai sangat lembap (Rahmah *et al.*, 2024; Kumar & Agrawal, 2020; Sintayehu *et al.*, 2020; Naqvi *et al.*, 2021; Nejad & Zoratipour, 2019).

Kelembapan merupakan salah satu faktor risiko penting dalam penyebaran demam berdarah *dengue* (DBD) karena dapat mempengaruhi siklus hidup dan aktivitas nyamuk vektor serta ketersediaan tempat berkembang biaknya. Nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* sangat bergantung pada lingkungan yang lembap untuk berkembang biak. Pada kondisi kelembapan tinggi, telur nyamuk lebih mudah menetas, dan siklus hidup nyamuk dari telur, larva, hingga dewasa berlangsung lebih cepat. Hal ini meningkatkan populasi nyamuk dalam waktu singkat, terutama di daerah tropis dan subtropis yang memiliki iklim lembap secara alami (Bone *et al.*, 2021).

Kelembapan tinggi juga mendukung aktivitas nyamuk dewasa. Pada kondisi lembap, nyamuk lebih aktif mencari makan dan meningkatkan frekuensi gigitan pada manusia yang merupakan cara penularan virus *dengue*. Di daerah dengan kelembapan rendah, aktivitas nyamuk cenderung berkurang karena mereka memerlukan kelembapan untuk bertahan hidup dan melakukan fungsi biologisnya. Oleh karena itu, lingkungan yang lembap berkontribusi langsung terhadap peningkatan risiko penularan DBD (Ernyasih *et al.*, 2021).

Kelembapan juga berhubungan erat dengan ketersediaan tempat berkembang biak nyamuk. Genangan air yang terbentuk di lingkungan lembap, seperti di wadah air yang tidak tertutup, kaleng bekas, pot bunga, atau selokan yang tidak mengalir, menjadi tempat ideal bagi nyamuk untuk bertelur. Semakin banyak genangan air yang tersedia, semakin besar potensi nyamuk untuk berkembang biak, sehingga meningkatkan populasi nyamuk di sekitar lingkungan manusia (Ernyasih *et al.*, 2022).

Kombinasi antara kelembapan tinggi dan suhu hangat di daerah tropis menciptakan kondisi optimal bagi nyamuk *Aedes* untuk berkembang biak dengan cepat dan menyebarkan virus *dengue*. Suhu yang hangat mempercepat siklus hidup nyamuk, sementara kelembapan tinggi

memperpanjang umur nyamuk dan mendukung aktivitas mereka. Lingkungan ini memungkinkan nyamuk menularkan virus *dengue* lebih efektif, sehingga daerah dengan iklim tropis yang lembap menjadi sangat rentan terhadap wabah DBD (Ernyasih *et al.*, 2021).

2.1.8.3 Curah Hujan

Curah hujan merupakan berkumpulnya ketinggian air hujan dalam tempat yang datar, tidak mengalir, tidak meresap, dan tidak menguap. Satuan millimeter atau inchi merupakan satuan yang selalu digunakan untuk menyatakan curah hujan, dengan Indonesia sendiri menggunakan satuan millimeter (mm). Contohnya, curah hujan 100 mm berarti dalam satu meter persegi pada tempat datar, tertampung air hujan setinggi 100 mm, berarti tertampung air sebanyak 100 liter (Lahdji & Putra, 2017). Tempat perkembangbiakan nyamuk *Aedes aegypti* dapat terbentuk dari genangan air yang disebabkan oleh hujan, mengakibatkan meningkatnya populasi nyamuk. Vektor dan parasit penyakit, termasuk demam berdarah *dengue* (DBD), sangat sensitif terhadap faktor iklim, terutama curah hujan, suhu, kelembapan, angin, dan kadar air, karena dapat meningkatkan juga distribusi dan pengembangan organisme vektor dan host perantara. (Kosnayani & Hidayat, 2018).

Curah hujan merupakan salah satu faktor risiko dalam penyebaran Demam Berdarah *Dengue* (DBD) karena menciptakan kondisi lingkungan yang ideal bagi perkembangan nyamuk vektor. Nyamuk ini membutuhkan genangan air untuk bertelur, dan curah hujan yang tinggi meningkatkan jumlah tempat-tempat berkembang biak yang potensial (Nisaa, 2018). Setelah hujan, genangan air terbentuk di berbagai tempat seperti wadah air, pot bunga, kaleng bekas, talang air, dan tempat lainnya. Tempat-tempat tersebut menjadi sarang bagi nyamuk untuk bertelur dan mempercepat siklus hidup mereka dari telur menjadi nyamuk dewasa, sehingga meningkatkan populasi nyamuk secara signifikan (Kosnayani, 2018).

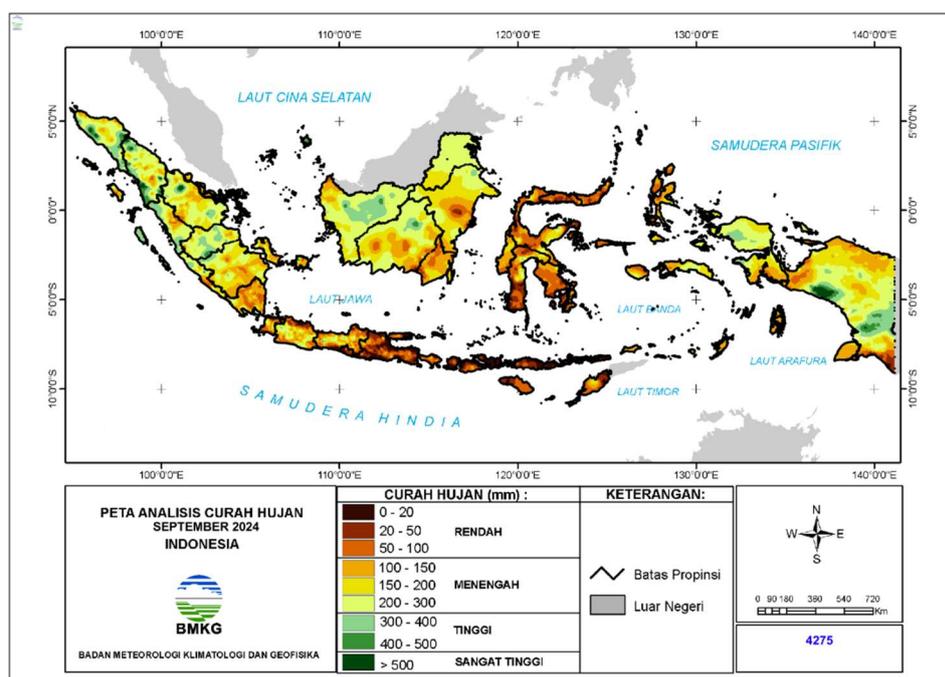
Curah hujan yang tinggi juga mempercepat siklus hidup nyamuk. Pada kondisi yang mendukung, seperti air tergenang dan suhu hangat yang sering menyertai musim hujan, nyamuk dapat berkembang lebih cepat dari telur menjadi larva, pupa, hingga dewasa. Artinya, dalam waktu singkat, populasi nyamuk dapat bertambah dengan pesat, sehingga meningkatkan risiko penularan virus *dengue*. Di daerah perkotaan, curah hujan yang tinggi seringkali menyebabkan genangan air di selokan, wadah air terbuka, dan tempat-tempat yang kurang terkelola, yang menjadi lokasi ideal bagi nyamuk untuk berkembang biak (Canon *et al.*, 2020).

Selain itu, curah hujan yang tinggi biasanya disertai dengan peningkatan kelembapan udara, yang mendukung aktivitas nyamuk dewasa. Nyamuk *Aedes* lebih aktif pada kondisi lembap, yang membuat mereka lebih sering menggigit manusia dan menyebarkan virus *dengue*. Dalam kondisi lembap yang tinggi, nyamuk dapat hidup lebih lama dan lebih sering berinteraksi dengan manusia, sehingga meningkatkan kemungkinan penularan virus. Kombinasi curah hujan, kelembapan tinggi, dan suhu hangat menjadikan musim hujan sebagai periode kritis untuk penyebaran DBD (Ariati, 2012).

Musim hujan sering kali dikaitkan dengan lonjakan kasus DBD di banyak negara tropis. Curah hujan yang terus menerus menciptakan kondisi optimal bagi nyamuk untuk berkembang biak, sementara suhu hangat mempercepat replikasi virus *dengue* di dalam tubuh nyamuk. Hal ini meningkatkan jumlah nyamuk yang terinfeksi dan berpotensi menularkan virus. Selain itu, curah hujan yang menyebabkan banjir juga dapat memperburuk situasi dengan menyisakan banyak genangan air setelah banjir surut, menciptakan lebih banyak tempat bagi nyamuk untuk berkembang biak dan meningkatkan risiko penyebaran DBD di komunitas yang terdampak (Bone *et al.*, 2021).

Curah hujan bulanan dibagi oleh BMKG menjadi empat kategori, yakni sangat tinggi (>500 mm/bulan), tinggi (300-500 mm/bulan), sedang (100-300 mm/bulan), dan rendah (0-100 mm/bulan). Idealnya, curah hujan bulanan dengan distribusi selama 4 bulan memiliki rata-rata 200 mm/bulan.

Tetapi, terlalu tingginya curah hujan yang berlangsung dalam waktu lama dapat mengakibatkan terjadinya banjir, sehingga menghilangkan tempat nyamuk berkembangbiak (Virgiawan, 2023). Sementara penelitian yang dilakukan Sidik pada 2020 membagi curah hujan menjadi 3 kategori, yakni <150 mm sebagai ringan, 150-250 mm sebagai sedang, dan >250 mm sebagai lebat (Sidik, 2020).



Gambar 2.3 Peta Curah Hujan Bulanan (BMKG, 2024)

Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) merupakan salah satu sumber data curah hujan berbasis satelit yang digunakan dalam studi kerentanan demam berdarah *dengue*. CHIRPS memadukan data pengamatan curah hujan dari stasiun di darat dengan citra satelit inframerah, sehingga mampu menghasilkan estimasi curah hujan dengan cakupan spasial luas dan resolusi tinggi, bahkan di daerah dengan keterbatasan alat ukur curah hujan seperti Jamaika (Henry & Mendonça, 2020). Penggunaan CHIRPS dalam studi ini menunjukkan keandalan metode ini untuk mengisi kekosongan data historis maupun data terkini, terutama

karena telah terbukti memiliki validitas yang tinggi di berbagai wilayah tropis setelah melalui proses koreksi bias terhadap data pengamatan darat (Phanitchat *et al.*, 2019). Dengan demikian, CHIRPS merupakan alat yang valid dan efektif dalam mendukung analisis spasial-temporal penyakit berbasis vektor seperti demam berdarah, khususnya dalam situasi terbatasnya infrastruktur pemantauan curah hujan di darat (Henry & Mendonça, 2020; Shen *et al.*, 2020; Simanjuntak *et al.*, 2024)

2.2 Sistem Informasi Geografis

2.2.1 Definisi Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah teknologi yang mengintegrasikan perangkat keras, perangkat lunak, dan data geografis untuk menangkap, menyimpan, menganalisis, mengelola, dan menampilkan informasi yang berhubungan dengan lokasi di permukaan bumi. SIG memungkinkan penggunanya untuk memvisualisasikan, memahami, menafsirkan, dan memetakan data dalam berbagai cara yang mengungkapkan pola, hubungan, dan tren spasial. Data dalam SIG biasanya berupa peta digital yang dilengkapi dengan informasi atribut, seperti data demografis, topografi, penggunaan lahan, dan infrastruktur. SIG digunakan dalam berbagai bidang, termasuk perencanaan kota, manajemen sumber daya alam, pemetaan lingkungan, analisis risiko bencana, transportasi, dan banyak lagi (Adil, 2017).

Teknologi ini mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dengan menyediakan alat analisis spasial yang canggih untuk mengevaluasi berbagai scenario dan mengoptimalkan strategi yang berbasis lokasi. Misalnya, dalam perencanaan perkotaan, SIG dapat digunakan untuk menentukan lokasi terbaik untuk pembangunan infrastruktur baru dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti aksesibilitas, risiko bencana, dan kepadatan penduduk. Selain itu, SIG juga berperan penting dalam pemantauan perubahan lingkungan, seperti deforestasi dan pencemaran air, dengan menyediakan data real-time yang dapat diintegrasikan dengan sistem pemantauan lainnya.

Dengan kemampuan untuk memadukan data geografis dan non-geografis, SIG menjadi alat yang sangat kuat dalam pengelolaan informasi spasial dan pengambilan keputusan berbasis lokasi (Setiyadi *et al.*, 2021).

2.2.2 Komponen Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja secara sinergis untuk mengumpulkan, menyimpan, memproses, menganalisis, dan menampilkan data geografis. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai komponen-komponen SIG (Awangga, 2019):

1. Perangkat Keras (*Hardware*):

Komponen perangkat keras dalam SIG meliputi komputer, server, monitor, printer, plotter, dan perangkat input/output lainnya. Perangkat keras ini digunakan untuk memproses data geografis, menampilkan hasil analisis, dan mencetak peta atau laporan. Perangkat keras yang kuat dan berkapasitas besar sangat dibutuhkan dalam SIG untuk memproses data yang besar dan kompleks.

2. Perangkat Lunak (*Software*):

Perangkat lunak adalah komponen inti SIG yang menyediakan alat untuk mengelola data, melakukan analisis spasial, dan menghasilkan visualisasi data. Contoh perangkat lunak SIG yang umum digunakan termasuk ArcGIS, QGIS, MapInfo, dan GRASS GIS. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai fungsi seperti pemetaan, analisis jaringan, pengolahan citra satelit, dan analisis spasial.

3. Data Geografis (*Data*):

Data merupakan bahan baku utama SIG yang terdiri dari data spasial dan data atribut. Data spasial menggambarkan lokasi geografis dalam bentuk peta atau citra satelit, seperti titik, garis, dan poligon. Data atribut adalah informasi tambahan yang menjelaskan karakteristik objek spasial, seperti nama, ukuran, jenis, dan informasi statistik lainnya. Kualitas dan

keakuratan data sangat penting untuk menghasilkan analisis yang valid dan dapat diandalkan.

4. Manusia (*People*):

Pengguna SIG, meliputi operator, analis, teknisi, dan pengambil keputusan, adalah komponen penting yang menentukan bagaimana sistem digunakan. Mereka memerlukan pemahaman tentang data dan teknologi SIG serta kemampuan untuk menginterpretasikan hasil analisis. Pelatihan dan keterampilan pengguna dalam mengoperasikan SIG sangat berpengaruh terhadap efektivitas sistem.

5. Metode (*Methods*):

Metode atau prosedur adalah serangkaian langkah dan teknik yang digunakan dalam pengolahan dan analisis data geografis. Ini mencakup prosedur standar untuk pengumpulan data, validasi, pemodelan, dan analisis. Metode yang tepat diperlukan untuk memastikan bahwa data dikelola secara efisien dan hasil analisis memenuhi tujuan yang diinginkan.

6. Jaringan (*Networking*)

Dalam konteks modern, jaringan komunikasi juga menjadi komponen penting SIG. Jaringan memungkinkan distribusi dan berbagi data geografis melalui internet atau intranet, mendukung kolaborasi antar pengguna di berbagai lokasi. Hal ini penting terutama untuk pengolahan data yang membutuhkan sinkronisasi real-time dan aksesibilitas yang luas.

Setiap komponen SIG saling terkait dan bekerja bersama untuk menghasilkan sistem yang efektif dalam menangani dan menganalisis data geografis. Integrasi yang baik dari semua komponen ini memungkinkan SIG digunakan secara luas dalam berbagai bidang seperti perencanaan kota, manajemen lingkungan, penanggulangan bencana, transportasi, dan lainnya (Irwansyah, 2013).

2.2.3 Jenis Data dalam Sistem Informasi Geografis

Dalam Sistem Informasi Geografis (SIG), jenis data yang digunakan sangat penting karena menentukan cara informasi dapat disimpan, dianalisis, dan disajikan. Secara umum, data dalam SIG dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama, yaitu data vektor dan data raster. Selain itu, ada juga data atribut yang melengkapi kedua jenis data ini berupa data atribut (Awangga, 2019).

1. Data Vektor

Data vektor merepresentasikan fitur geografis di permukaan bumi menggunakan bentuk geometris dasar, yaitu titik, garis, dan poligon. Keunggulan dari data vektor adalah kemampuannya untuk memberikan gambaran yang akurat bagi objek diskret atau yang memiliki batas yang jelas. Selain itu, ukuran file vektor biasanya lebih kecil dibandingkan dengan data raster, karena hanya menyimpan informasi koordinat. Data ini juga sangat berguna dalam analisis spasial, seperti untuk teknik buffering atau *overlay*. Meskipun begitu, data vektor tidak ideal untuk data yang kontinu atau menyebar luas, seperti suhu, curah hujan, ketinggian, kelembapan, dan lain-lain.

Data Vektor terdiri dari beberapa elemen, antara lain:

- a) Titik: Representasi lokasi tunggal di peta, biasanya digunakan untuk menandai objek atau tempat spesifik. Contoh: Lokasi rumah, titik lokasi sumur, stasiun cuaca.
- b) Garis: Gabungan titik-titik yang membentuk koneksi linear, digunakan untuk menunjukkan fitur yang memanjang. Contoh: Jalan raya, sungai, rel kereta api.
- c) Poligon: Sekumpulan garis yang membentuk area tertutup, digunakan untuk mewakili wilayah atau zona. Contoh: Batas administrasi, area hutan, danau, zona tata ruang.

2. Data Raster

Data raster adalah representasi geografis yang terdiri dari grid atau piksel, di mana setiap grid atau piksel memiliki nilai tertentu yang menggambarkan karakteristik lokasi tersebut. Akurasi data ditentukan oleh ukuran piksel. data-data dengan ukuran piksel lebih kecil memiliki kedetailan data yang lebih tinggi begitupun sebaliknya. Data raster sangat baik untuk mewakili data yang bersifat kontinu, seperti suhu, curah hujan, kelembapan, atau ketinggian. Selain itu, data raster juga dapat mengelola data yang dihasilkan dari penginderaan jauh, seperti citra satelit atau foto udara. Akan tetapi, ukuran file lebih besar dibandingkan data vektor, terutama untuk resolusi tinggi. Ditambah lagi, analisis dan proses data raster cenderung lebih kompleks dan memakan lebih banyak sumber daya komputer (Adil, 2017).

Data raster dapat berupa banyak hal, salah satunya adalah citra satelit yang menunjukkan permukaan bumi dalam berbagai spektrum, seperti Landsat atau Sentinel. Selain itu, *Digital Elevation Model* (DEM) memberikan representasi ketinggian permukaan tanah dalam bentuk grid yang penting untuk analisis topografi. Citra udara merupakan data yang diambil dari pesawat terbang atau drone juga sering digunakan untuk pemetaan wilayah. Peta temperatur permukaan yang mengukur suhu melalui citra inframerah. Citra vegetasi yang menunjukkan indeks vegetasi seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) menjadi alat penting dalam memantau kesehatan tanaman. Selain itu, peta penggunaan lahan dan peta curah hujan merupakan peta yang menunjukkan distribusi tipe penggunaan lahan dan curah hujan di suatu wilayah selama periode tertentu. Semua hal di atas merupakan contoh data raster yang memiliki aplikasi beragam dalam penelitian dan pengelolaan sumber daya (Adil, 2017).

3. Data Atribut

Data atribut adalah data non-spasial yang memberikan informasi deskriptif tentang elemen-elemen spasial dalam SIG. Data ini

menjelaskan karakteristik atau sifat objek yang ada dalam data spasial (vektor atau raster). Data atribut dijelaskan dalam suatu tabel atribut, di mana setiap objek dalam data vektor atau raster memiliki informasi tambahan yang disimpan dalam bentuk tabel. Setiap baris dalam tabel atribut mewakili objek geografis (misalnya, jalan atau bangunan), dan setiap kolom berisi informasi atau nilai spesifik terkait objek tersebut. Contoh: Untuk peta jalan, tabel atribut dapat berisi nama jalan, panjang jalan, jenis jalan, atau status kondisi jalan (Setiyadi *et al.*, 2021).

Data atribut memiliki fungsi memperluas deskripsi data spasial sehingga dapat digunakan untuk analisis yang lebih mendalam. Data atribut juga menghubungkan data spasial dengan informasi tambahan yang berguna dalam analisis, seperti klasifikasi lahan, jenis tanah, kepadatan populasi, dan lain-lain (Setiyadi *et al.*, 2021).

4. Perbedaan Data Vektor dan Raster

Tabel 2.2 Perbedaan Data Vektor dan Raster (Awangga, 2019)

No.	Perbedaan	Vektor	Raster
1.	Format Penyajian	Titik, garis, dan poligon (bentuk geometris)	Piksel/grid (dengan nilai untuk setiap sel)
2.	Kegunaan	Lebih cocok untuk data dengan batas tegas dan diskrit (misalnya, batas wilayah, jaringan jalan)	Ideal untuk data yang menyebar atau bersifat kontinu (misalnya, citra satelit, ketinggian, suhu)
3.	Kecepatan Pengolahan	Lebih ringan untuk penyimpanan dan pengolahan data spasial sederhana	Cenderung membutuhkan lebih banyak sumber daya komputasi, terutama untuk analisis skala besar atau resolusi tinggi
4.	Akurasi	Lebih akurat dalam merepresentasikan bentuk-bentuk geografis diskret	Tergantung pada resolusi piksel, data raster bisa kehilangan detail jika resolusi terlalu rendah

2.2.4 Manfaat Sistem Informasi Geografis (SIG) di Bidang Kesehatan

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan teknologi yang sangat kuat untuk mengintegrasikan, menganalisis, dan memvisualisasikan data berbasis

lokasi yang relevan dengan berbagai aspek kesehatan masyarakat. Penggunaan SIG di bidang kesehatan semakin berkembang, terutama karena kemampuannya dalam mengidentifikasi pola dan distribusi penyakit serta mengarahkan upaya pencegahan dan penanganan yang lebih efektif. Berikut ini merupakan beberapa manfaat SIG di bidang kesehatan (Setiyadi *et al.*, 2021; Ritonga *et al.*, 2021; Irwansyah, 2013):

1. Pemantauan Penyebaran Penyakit Secara Spasial

SIG memungkinkan pemantauan dan pemetaan penyebaran penyakit dengan mempertimbangkan dimensi geografis. Data yang dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti rumah sakit, pusat kesehatan, dan lembaga riset, dapat dipetakan untuk mengidentifikasi hotspot atau kluster penyakit di area tertentu.

Dalam epidemiologi, SIG telah digunakan dalam pelacakan penyebaran penyakit menular seperti COVID-19, di mana setiap kasus terdaftar dipetakan berdasarkan lokasi pasien. Hal ini memungkinkan otoritas kesehatan untuk menilai penyebaran penyakit secara *real-time* dan menerapkan intervensi seperti pembatasan perjalanan, penguncian wilayah (*lockdown*), atau distribusi sumber daya medis di wilayah yang paling terdampak.

2. Identifikasi Faktor Risiko Lingkungan dan Sosial

SIG tidak hanya mencatat lokasi fisik, tetapi juga menghubungkan data spasial dengan variabel lingkungan seperti kualitas air, polusi udara, curah hujan, suhu, dan kelembapan. Selain itu, data sosial-ekonomi seperti kepadatan penduduk, tingkat pendidikan, dan akses ke layanan kesehatan dapat ditambahkan dalam analisis. Hal ini membantu peneliti dalam memahami hubungan antara faktor-faktor lingkungan dan sosial dengan kesehatan masyarakat.

SIG telah digunakan dalam menganalisis penyebaran demam berdarah *dengue* (DBD), di mana faktor lingkungan seperti genangan air, curah hujan, dan suhu berperan penting dalam perkembangan nyamuk *Aedes aegypti*, vektor utama penyebar virus *dengue*. Dengan SIG, daerah-daerah

dengan risiko tinggi dapat diidentifikasi, sehingga kampanye pencegahan seperti pengasapan (*fogging*) atau penyuluhan masyarakat dapat difokuskan pada area tersebut.

3. Perencanaan dan Optimalisasi Intervensi Kesehatan

SIG memungkinkan pembuatan peta tematik dan visualisasi yang mudah dipahami berguna untuk membantu pengambilan keputusan dalam kebijakan kesehatan. Data kompleks yang mungkin sulit untuk dianalisis dalam bentuk tabel atau grafik biasa, dapat divisualisasikan dalam bentuk peta yang informatif dan interaktif, sehingga memudahkan pengambil keputusan untuk memahami tren dan pola kesehatan, serta memungkinkan perencanaan intervensi kesehatan yang lebih tepat sasaran. Dengan memetakan data kesehatan terhadap populasi dan infrastruktur kesehatan, SIG dapat membantu menentukan lokasi yang ideal untuk pusat-pusat kesehatan, fasilitas vaksinasi, distribusi sumber daya, atau program pencegahan.

Otoritas kesehatan di tingkat kota sampai nasional dapat menggunakan SIG untuk memvisualisasikan distribusi layanan kesehatan, tingkat prevalensi penyakit, dan faktor-faktor risiko terkait. Dengan data ini, mereka dapat merancang kebijakan yang lebih efektif untuk alokasi anggaran kesehatan, penempatan fasilitas kesehatan, atau prioritas program kesehatan masyarakat. SIG juga dapat digunakan untuk memodelkan aksesibilitas fasilitas kesehatan di daerah pedesaan yang sulit dijangkau. Data spasial seperti jarak ke fasilitas kesehatan, kondisi jalan, dan waktu tempuh dapat digunakan untuk merencanakan lokasi klinik keliling atau fasilitas kesehatan sementara selama krisis kesehatan seperti wabah atau bencana alam.

4. Pemodelan Prediktif dan Analisis Tren Kesehatan

SIG juga memungkinkan pemodelan prediktif yang bisa digunakan untuk memprediksi tren kesehatan berdasarkan data historis dan faktor lingkungan. Ini berguna untuk peramalan penyebaran penyakit atau memprediksi beban penyakit di masa depan.

Pemodelan berbasis SIG digunakan dalam pengendalian malaria dengan cara memetakan data historis tentang curah hujan, suhu, kelembapan, dan keberadaan populasi nyamuk untuk memprediksi lonjakan kasus malaria di masa mendatang. Hasil dari model ini membantu pemerintah dan organisasi kesehatan untuk menyiapkan langkah-langkah pencegahan sebelum terjadi peningkatan kasus yang signifikan.

5. Pengelolaan Krisis Kesehatan dan Tanggap Darurat

Dalam situasi darurat kesehatan, seperti bencana alam atau wabah penyakit, SIG membantu otoritas kesehatan merespons dengan cepat dan efektif. Dengan menggunakan data spasial, tim tanggap darurat dapat memetakan area yang terdampak paling parah dan memprioritaskan penanganan di area tersebut.

Saat terjadi gempa bumi atau banjir, SIG digunakan untuk memetakan kerusakan infrastruktur kesehatan dan menilai aksesibilitas fasilitas kesehatan darurat. Ini memungkinkan penyebaran tim medis dan distribusi obat-obatan atau vaksin secara tepat waktu, sehingga mempercepat respons terhadap krisis kesehatan.

6. Penelitian Kesehatan Publik dan Epidemiologi

SIG merupakan alat yang kuat untuk mendukung penelitian kesehatan publik. Dengan data geospasial, peneliti dapat mengidentifikasi pola geografis yang mungkin tersembunyi dalam data tradisional. SIG juga memungkinkan analisis spasial yang lebih mendalam, seperti korelasi antara pola penyakit dengan faktor lingkungan atau distribusi fasilitas kesehatan.

Penelitian epidemiologi menggunakan SIG untuk mengevaluasi distribusi kasus DBD, tuberkulosis, malaria, atau HIV/AIDS di suatu wilayah. Dengan memahami distribusi geografis ini, para peneliti dapat mengidentifikasi daerah-daerah yang paling rentan dan mengusulkan strategi pencegahan yang lebih efektif.

7. Penilaian Aksesibilitas dan Distribusi Layanan Kesehatan

SIG memungkinkan penilaian aksesibilitas penduduk terhadap fasilitas kesehatan, dengan mengukur jarak, waktu tempuh, dan hambatan geografis. Analisis ini membantu pemerintah dan lembaga kesehatan dalam merancang strategi distribusi layanan yang lebih adil dan merata, terutama di wilayah terpencil atau kurang terlayani.

SIG telah digunakan dalam perencanaan distribusi klinik bergerak atau program vaksinasi di wilayah pedalaman atau kepulauan yang sulit diakses. Analisis jarak dan transportasi membantu memastikan bahwa layanan kesehatan dapat menjangkau populasi yang paling membutuhkan.

2.2.5 Fungsi Analisis Spasial

Seluruh teknik atau metode perhitungan matematis yang berkaitan dengan data atau lapisan tematik spasial dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dilakukan melalui analisis spasial. Analisis spasial merupakan teknik atau proses yang melibatkan berbagai perhitungan dan evaluasi logis yang berhubungan dengan ruang untuk mengidentifikasi hubungan dan pola yang terdapat di antara elemen-elemen geografis dalam data digital, dengan batasan wilayah studi tertentu. Fungsi analisis spasial dalam SIG mencakup beberapa jenis, antara lain *Nearest Neighbour Analysis* (NNA), *overlay*, *merge*, *clip*, *slope*, *query*, *reclassify*, dan lain-lain (Adil, 2017; Awangga, 2019; Santoso, 2021).

1. *Average Nearest Neighbour (ANN) Analysis*

Average Nearest Neighbour (ANN) Analysis adalah fungsi analisis analisis yang spasial digunakan pada penelitian ini yang berfungsi untuk menentukan pola distribusi titik dalam suatu area geografis. NNA membantu memahami apakah suatu distribusi titik (seperti lokasi pohon, bangunan, fasilitas umum, kejadian penyakit, dll) tersebar secara acak (*random*), terpusat (*cluster*), atau merata (*dispersed*). Teknik ini

melibatkan perhitungan yang mempertimbangkan jarak antar titik, jumlah total titik, dan luas wilayah yang dianalisis. Hasil akhirnya berupa indeks dengan rentang nilai antara 0 hingga 2,15 (Awangga, 2019).

NNA menghitung jarak rata-rata dari setiap titik ke tetangga terdekatnya, lalu dengan membandingkan jarak rata-rata ini dengan jarak rata-rata yang diharapkan jika titik-titik tersebut tersebar secara acak, kita bisa menentukan pola distribusi. Rumus dasar untuk NNA adalah (Awangga, 2019):

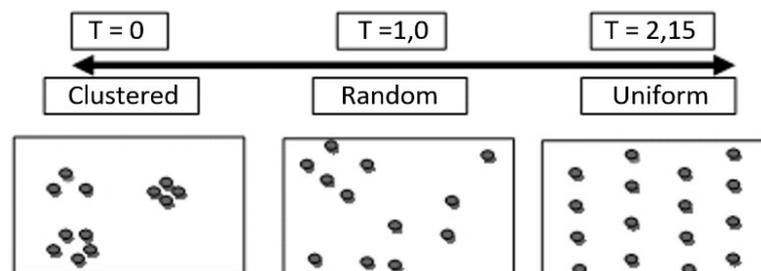
$$T = \frac{J_u}{J_h}$$

Keterangan:

- T = Indeks penyebaran tetangga terdekat
- J_u = Jarak rata-rata yang diukur antara satu titik dengan titik tetangganya
- J_h = Jarak rata-rata yang diperoleh semua titik

T adalah indeks *Nearest Neighbour*, menunjukkan hasil pola distribusi:

- Jika $T = 1$, distribusi dianggap acak (*random*)
- Jika $T < 1$, distribusi cenderung mengelompok (*cluster*)
- Jika $T > 1$, distribusi cenderung merata (*dispersed*)



Gambar 2.3 Pola Distribusi *Average Nearest Neighbour Analysis*

2. *Overlay*

Fungsi *overlay* dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah teknik yang memungkinkan pengguna untuk menggabungkan dan menganalisis dua atau lebih lapisan data geospasial. Dengan menggunakan *overlay*, informasi dari lapisan yang berbeda dapat dianalisis secara bersamaan untuk mengidentifikasi hubungan, pola, atau keterkaitan yang tidak terlihat ketika setiap lapisan dianalisis secara terpisah (Santoso, 2021).

Overlay dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu *overlay* vektor dan *overlay* raster. *Overlay* vektor menggabungkan lapisan data vektor, seperti titik, garis, dan poligon untuk menganalisis hubungan antar data, misalnya dengan *overlay* peta penggunaan lahan dan peta batas administrasi. Sementara itu, *overlay* raster mengolah lapisan data raster, seperti citra satelit dan data ketinggian, dengan menggabungkan nilai dari setiap pixel, seperti dalam analisis kemiringan. Metode *overlay* yang digunakan mencakup *intersection*, *union*, dan *difference*. *Intersection* menghasilkan lapisan baru yang hanya mencakup area di mana kedua lapisan tumpang tindih, seperti area tambang yang berada dalam kawasan lindung. *Union* menggabungkan semua fitur dari kedua lapisan, termasuk area yang tidak tumpang tindih, sehingga informasi lengkap dari kedua lapisan dapat dilihat. Sementara itu, metode *difference* menghasilkan area dari satu lapisan yang tidak terdapat di lapisan lainnya, berguna untuk menentukan area yang tersisa setelah pengeluaran area tertentu. Dengan menggunakan berbagai jenis dan metode *overlay*, pengguna dapat mendapatkan analisis lebih mendalam serta mendapatkan informasi yang lebih baik tentang data geospasial yang berbeda (Santoso, 2021).

3. *Buffer*

Buffer adalah fungsi yang dapat ditemui dalam setiap aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG), termasuk ArcGis 10.8. Fungsi ini digunakan untuk menganalisis data yang berkaitan dengan lingkungannya. *Buffer* merupakan teknik analisis yang mengidentifikasi hubungan antara suatu

objek dengan area sekitarnya, sering disebut sebagai *Proximity Analysis* (analisis faktor kedekatan) (Adil, 2017).

Buffer diaplikasikan dengan membentuk zona yang mengelilingi objek spasial, dapat berupa area (poligon), garis, maupun titik. Fungsi *Buffer* akan membentuk area yang melingkupi objek peta tertentu dengan suatu jarak tertentu. Zona-zona yang dihasilkan ini membantu mengidentifikasi kedekatan spasial antara objek peta dan data lain di sekitarnya yang akan dianalisis (Adil, 2017).

4. *Merge*

Merge adalah proses yang digunakan untuk menggabungkan beberapa tema yang memiliki fitur dari dua atau lebih tema menjadi satu tema tunggal. Fungsi ini mengombinasikan beberapa peta menjadi satu peta dengan menggunakan struktur tabel dari salah satu peta yang digabungkan (Santoso, 2021).

5. *Clip*

Clip merupakan fungsi dalam SIG yang bertujuan memotong peta berdasarkan bentuk objek dari peta lainnya. *Clip* adalah proses yang memotong fitur data sesuai dengan cakupan yang telah ditentukan. Fungsi *Clip* digunakan untuk mengekstrak cakupan dari bagian besar yang ada, sehingga menghasilkan cakupan baru (Santoso, 2021).

6. *Slope*

Slope merupakan fungsi analisis spasial yang berhubungan dengan data permukaan digital (*3D Analysis Tools*). Fungsi ini memiliki tujuan mengidentifikasi kemiringan (gradien) dari data raster. Rentang nilai yang dihasilkan oleh fungsi ini tergantung pada satuan pengukur yang digunakan. Untuk satuan derajat, rentang kemiringan berkisar antara 0 hingga 90 derajat. Sementara itu, dalam satuan persen, nilai 0% berarti permukaan datar, semakin mendekati posisi vertikal, nilai persennya akan semakin meningkat (Setiyadi *et al.*, 2021).

7. *Query*

Query dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah fungsi yang bertujuan mencari area dengan kriteria tertentu. Fungsi ini digunakan dengan tujuan melakukan pengeditan data atau memilih data tertentu yang akan diedit atau untuk menghasilkan data baru dari hasil *query*, misalnya membuat shapefile baru yang terpisah dari data yang ada sebelumnya (Setiyadi *et al.*, 2021).

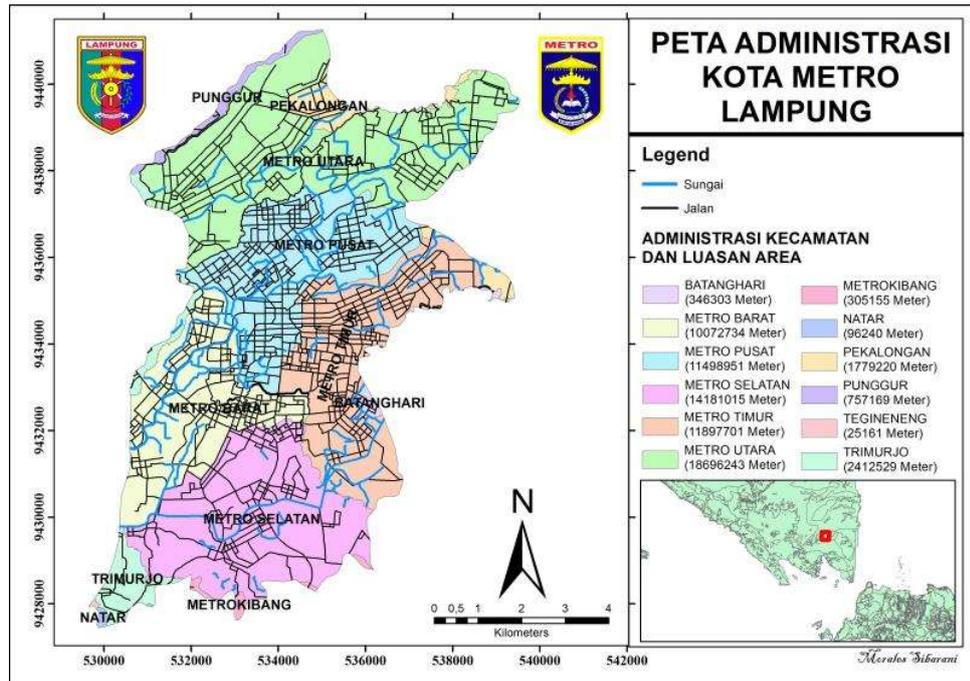
8. *Reclassify*

Reclassify adalah fungsi analisis spasial yang digunakan untuk mengklasifikasikan atau mengubah nilai pada data raster. Fungsi ini akan mengelompokkan data raster ke dalam data raster baru berdasarkan batas kelas yang ditetapkan oleh pengguna. Elemen-elemen spasial dapat diklasifikasikan ulang sesuai dengan ketentuan, kriteria, atau kategori serta batas (interval) yang dibuat oleh pengguna (Awangga, 2019).

2.3 Kota Metro

2.3.1 Geografi dan Batas-batas Wilayah Kota Metro

Kota Metro mencakup 73,21 km² area daratan yang terletak di tengah Provinsi Lampung. Kelurahan Metro, Kecamatan Metro Pusat merupakan Ibukota Kota Metro. Kota Metro memiliki topografi daerah dataran aluvial dengan ketinggian antara 50 meter sampai 55 meter dari permukaan laut serta dengan kemiringan 0° sampai 3. Kota Metro memiliki rata-rata tinggi wilayah di atas permukaan laut (DPL) setinggi 52,5 m (Badan Pusat Statistik, 2024).



Gambar 2.4 Peta Administrasi Kota Metro (Badan Pusat Statistik, 2024)

Kota Metro memiliki batas-batas berdasarkan posisi geografisnya:

1. Selatan: Kabupaten Lampung Timur.
2. Utara: Kabupaten Lampung Timur dan Lampung Tengah.
3. Timur: Kabupaten Lampung Timur.
4. Barat: Kabupaten Lampung Tengah.

Kota Metro terdiri dari 22 kelurahan yang terletak di lima kecamatan, yaitu:

1. Metro Pusat: Yosomulyo, Imopuro, Metro, Hadimulyo Timur, dan Hadimulyo Barat.
2. Metro Utara: Purwosari, Banjarsari, Karangrejo, dan Purwoasri.
3. Metro Selatan: Rejomulyo, Sumpersari, Margorejo, dan Margodadi.
4. Metro Timur: Iringmulyo, Tejoagung, Tejosari, Yosodadi, dan Yosorejo.
5. Metro Barat: Mulyosari, Mulyojati, Ganjarasri, dan Ganjaragung.

2.3.2 Penduduk Kota Metro

Berdasarkan data administrasi penduduk Kota Metro tahun 2024, jumlah penduduk Kota Metro tahun 2023 berjumlah 178,38 ribu jiwa yang terdiri atas 88,70 ribu jiwa penduduk perempuan dan 89,68 ribu jiwa penduduk laki-laki. Rasio jenis kelamin tahun 2023 di Kota Metro adalah 101, yakni untuk setiap 100 penduduk perempuan terdapat 101 penduduk laki-laki. Kota Metro pada tahun 2023 memiliki kepadatan penduduk mencapai 2.437 jiwa/km². Kota Metro memiliki penduduk dengan usia produktif (15-64 tahun) adalah sebesar 69,39% (Badan Pusat Statistik, 2024).

Setiap kecamatan di Kota Metro memiliki kepadatan penduduk yang cukup beragam. Kepadatan penduduk terendah berada di Kecamatan Metro Selatan sebesar 1.221 jiwa/km², sementara tertinggi terletak di Kecamatan Metro Pusat dengan kepadatan sebesar 4.805 jiwa/km². Metro Pusat juga merupakan kecamatan jumlah penduduk terbesar dengan persentase sebesar 31,25 % dari keseluruhan jumlah penduduk Kota Metro (Badan Pusat Statistik, 2024).

2.3.3 Demam Berdarah *Dengue* di Kota Metro

Kota Metro merupakan daerah endemis demam berdarah *dengue* (DBD). *Incidence rate* (IR) DBD di Kota Metro mencapai puncaknya pada tahun 2019, yakni mencapai angka 114,7 per 100.000 penduduk. Meskipun pada tahun-tahun berikutnya cenderung mengalami penurunan, yakni sebesar 87,3 per 100.000 penduduk pada tahun 2020, lalu 80,2 per 100.000 penduduk pada tahun 2021, dan turun lagi menjadi 51,40 per 100.000 penduduk pada tahun 2022. Akan tetapi, berdasarkan data terbaru dari Dinas Kesehatan Provinsi Lampung 2024, Kota Metro memiliki *Case Fatality Rate* (CFR) tertinggi se-Provinsi Lampung sebesar 1,7% dan *incidence rate* (IR) tertinggi kedua se-Provinsi Lampung sebesar 69,0 per 100.000 penduduk (Dinas Kesehatan Provinsi Lampung, 2024; Dinas Kesehatan Kota Metro, 2023).

2.3.4 Suhu, Kelembapan, dan Curah Hujan Kota Metro

Suhu, kelembapan, dan curah hujan per bulan berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Metro sebagai berikut:

Tabel 2.3 Rata-rata Suhu Udara per Bulan di Kota Metro (BPS Kota Metro, 2023b)

Bulan	Rata-rata Suhu Udara per Bulan di Kota Metro (Celcius)		
	2021	2020	2019
Januari	27.3	27.13	27.1
Februari	27.6	26.99	27
Maret	28.6	27.38	26.6
April	29.3	27.39	27
Mei	29.6	27.61	27.3
Juni	28.9	26.72	27.1
Juli	28.9	26.39	26.5
Agustus	28.6	27.01	26.5
September	28.5	26.78	28.2
Oktober	29.5	27.24	28.2
November	28.4	27.04	28.6
Desember	28.2	26.5	27.8

Tabel 2.4 Rata-rata Kelembapan per Bulan Kota Metro (BPS Kota metro, 2023)

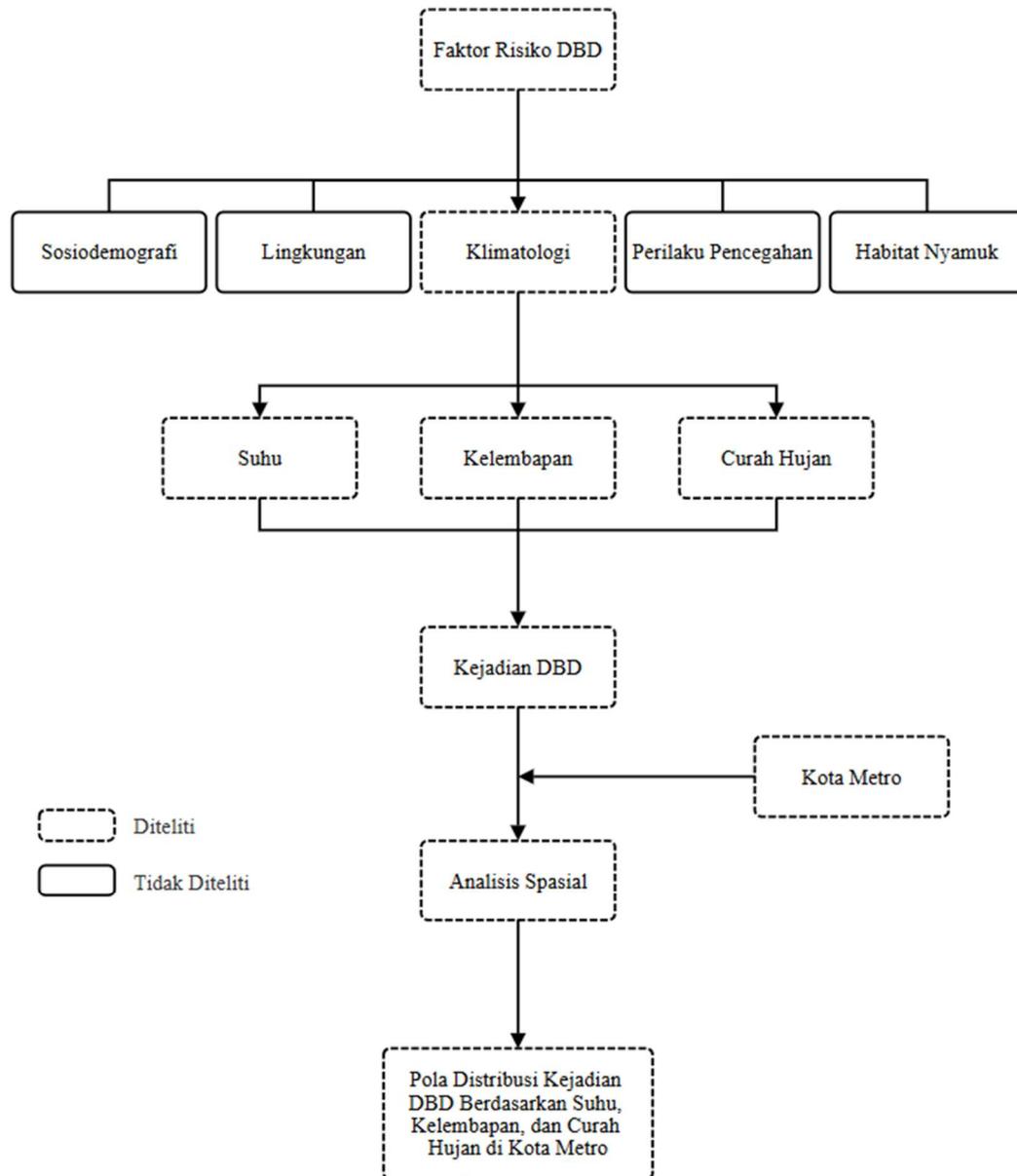
Bulan	Rata-rata Kelembapan per Bulan di Kota Metro (Persen)		
	2021	2020	2019
Januari	81.8	86.74	84
Februari	81.8	86.53	85
Maret	77	85.66	86
April	73.9	86.11	86
Mei	75.9	86.86	83
Juni	76.5	87.08	83
Juli	72.1	86.26	80
Agustus	75.2	81.06	75

September	77.4	82.38	72
Oktober	73	81.7	72
November	78.5	81.98	72
Desember	80.2	86.41	81

Tabel 2.5 Rata-rata Curah Hujan per Bulan di Kota Metro (BPS Kota Metro, 2023a)

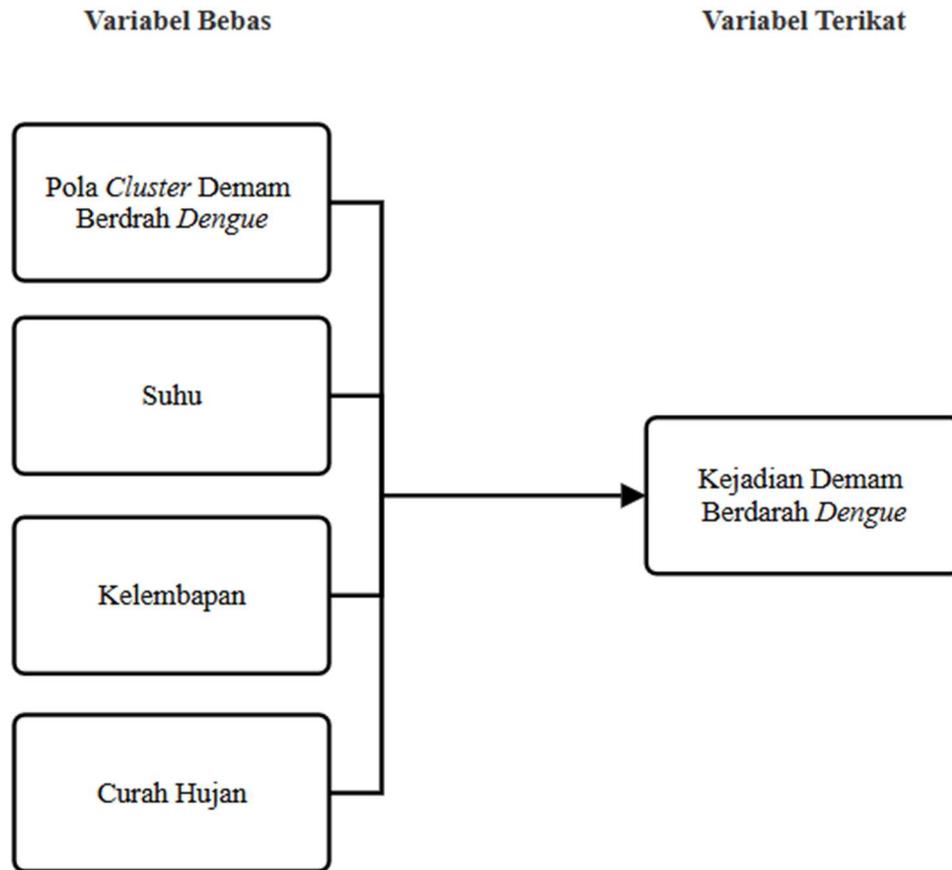
Bulan	Rata-rata Curah Hujan per Bulan di Kota Metro (mm)		
	2021	2020	2019
Januari	240.8	893	275
Februari	311.6	302	198
Maret	101	302	282
April	113.8	264	185
Mei	104	235	93
Juni	59.2	176	53
Juli	39.1	180	168
Agustus	182.5	131	32
September	154.3	83	-
Oktober	182.6	67	79
November	379.6	96	40
Desember	198	253	121

2.4 Kerangka Teori



Gambar 2.5 Kerangka Teori (Mentari, 2023; Ernyasih *et al.*, 2021)

2.5 Kerangka Konsep



Gambar 2.6 Kerangka Konsep

2.6 Hipotesis

H_0 : Tidak terdapat pembentukan *cluster* pada pola distribusi spasial kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) berdasarkan analisis *Average Nearest Neighbour* (ANN) *Analysis* di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024.

H_1 : Terdapat pembentukan *cluster* pada pola distribusi spasial kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) berdasarkan analisis *Average Nearest Neighbour* (ANN) *Analysis* di Kota Metro periode Januari-Mei tahun 2024.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dengan bantuan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG), yakni aplikasi ArcGis 10.8. Penelitian ini berusaha menggambarkan bagaimana pola distribusi spasial demam berdarah *dengue* (DBD) berdasarkan suhu, kelembapan, dan curah hujan di Kota Metro Januari-Mei 2024.

Teknik analisis data spasial yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Average Nearest Neighbour* (ANN) *Analysis* untuk menganalisis jenis pola distribusi kejadian demam berdarah *dengue* (DBD). Metode *Overlay* digunakan sebagai metode untuk membuat suatu peta baru yang menampilkan hasil analisis kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) dengan faktor suhu, kelembapan, dan curah hujan di wilayah tersebut.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Metro, meliputi Dinas Kesehatan Kota Metro dan 11 wilayah puskesmas di Kota Metro.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2024 - Juni 2025.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

3.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian merujuk pada keseluruhan kelompok individu atau objek yang menjadi fokus penelitian dan memiliki karakteristik tertentu yang ingin diteliti. Dalam penelitian kuantitatif, populasi diartikan sebagai wilayah generalisasi yang terdiri atas objek/subjek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Suriani *et al.*, 2023). Populasi pada penelitian ini adalah wilayah administratif Kota Metro dan seluruh penduduk Kota Metro yang tercatat mengalami demam berdarah *dengue* (DBD) pada bulan Januari sampai Mei 2024, yaitu sebanyak 248 orang (Dinas Kesehatan Kota Metro, 2024)

3.3.2 Sampel

Populasi bisa bersifat besar dan sulit untuk diteliti secara keseluruhan, sehingga biasanya peneliti menggunakan sampel, yaitu subset dari populasi dengan karakteristik tertentu yang diambil untuk mewakili populasi dan dianalisis (Suriani *et al.*, 2023). Penelitian ini menggunakan teknik *nonprobability sampling*, yakni suatu teknik pemilihan sampel yang tidak memberikan kemungkinan atau kesempatan yang sama kepada setiap unsur populasi untuk diambil menjadi sampel dalam penelitian. Teknik *nonprobability sampling* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *total sampling* atau *sampling* jenuh, yakni seluruh unsur populasi digunakan sebagai sampel (Suriani *et al.*, 2023), artinya sampel pada penelitian ini adalah 248 orang penduduk Kota Metro yang tercatat mengalami demam berdarah *dengue* (DBD) pada bulan Januari sampai Mei 2024.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas atau variabel independen pada penelitian ini adalah pola persebaran kejadian DBD, suhu, kelembapan, dan curah hujan wilayah Kota Metro periode Januari sampai Mei 2024.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat atau variabel dependen pada penelitian ini adalah kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) di wilayah Kota Metro periode Januari sampai Mei 2024.

3.5 Definisi Operasional

Tabel 3.1 Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Hasil Pengukuran	Skala Data
1.	Pola <i>Cluster</i> Kejadian Demam Berdarah <i>Dengue</i> (DBD)	Terbentuknya pola pengelompokan yang ditandai dengan indeks <i>Average Nearest Neighbour Analysis</i> (ANN) kurang dari 1 pada kejadian DBD, yaitu individu yang tercatat mengalami DBD di Kota Metro pada Januari-Mei 2024	Data Primer Observasi Laporan DBD Dinas Kesehatan Kota Metro pada Januari-Mei 2024	Titik koordinat kejadian DBD per kasus dan indeks NNA, yaitu: - T=1: distribusi dianggap acak (<i>random</i>) - T<1: distribusi cenderung mengelompok (<i>cluster</i>) - T>1: distribusi cenderung merata (<i>dispersed</i>) (Virgiawan, 2023)	Vektor Titik
2.	Suhu	Ukuran panas atau dinginnya udara di atmosfer (Ernyasih <i>et al.</i> , 2021) yang diperoleh dari hasil pengukuran harian dan dirata-rata setiap bulan di	Data Sekunder Laporan Observasi Citra Landsat 8-9 United States Geological Survey (USGS)	Klasifikasi suhu, yaitu: - <20°C - 20°C - 30°C - >30°C (Lesmana & Halim, 2020)	Kategorik Ordinal

No	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Hasil Pengukuran	Skala Data
3.	Kelembapan	Kota Metro pada Januari-Mei 2024 Rata-rata kandungan air dalam udara setiap bulan (Ernyasih <i>et al.</i> , 2021) di Kota Metro pada Januari-Mei 2024	Data Sekunder Laporan Observasi Citra Landsat 8-9 United States Geological Survey (USGS)	Klasifikasi kelembapan, yaitu: - Sangat Kering $NDMI \leq 0$ - Kering $0 < NDMI \leq 0,2$ - Basah $0.2 < NDMI \leq 0.4$ - Sangat Basah $NDMI > 0.4$ (Rahmah <i>et al.</i> , 2024)	Kategorik Ordinal
4.	Curah Hujan	Rata-rata air hujan yang jatuh ke permukaan bumi setiap bulan (Bone <i>et al.</i> , 2021) di Kota Metro pada Januari-Mei 2024	Data Sekunder Laporan Observasi Citra Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS)	Klasifikasi curah hujan, yaitu: - Ringan ($<150 \text{ mm}^3$) - Sedang ($150-250 \text{ mm}^3$) - Lebat ($>250 \text{ mm}^3$) (Sidik, 2020)	Kategorik Ordinal

3.6 Instrumen dan Bahan Penelitian

3.6.1 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam proses penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Instrumen Penunjang Penelitian

No.	Nama Instrumen	Spesifikasi	Jumlah
1	Laptop	Acer	1
2	GPS <i>Essential</i>	Garmin	1
3	<i>Smartphone</i>	Samsung	1
4	<i>Software</i>	ArcGis 10.8	1
5	<i>Software</i>	Microsoft Word	1
6	<i>Software</i>	Microsoft Excel	1
7	<i>Printer</i>	Epson	1

3.6.2 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan selama proses penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Bahan Penunjang Penelitian

No.	Nama Bahan	Sumber	Instansi
1.	Peta SHP (<i>shapefile</i>) Batas Wilayah Desa dan Kecamatan Kota Metro	WebGIS Badan Pusat Statistik Indonesia	Badan Pusat Statistik Indonesia
2.	Data Kejadian Demam Berdarah <i>Dengue</i> (DBD) Kota Metro Januari-Mei 2024	Data Kejadian DBD Kota Metro Januari-Mei 2024	Dinas Kesehatan Kota Metro
3.	Data Tingkat Suhu Kota Metro Januari-Mei 2024	Data Laporan Observasi Citra	United States Geological Survey (USGS)
4.	Data Tingkat Kelembapan Kota Metro Januari-Mei 2024	Data Laporan Observasi Citra	United States Geological Survey (USGS) Climate Hazards Group
5.	Data Tingkat Curah Hujan Kota Metro Januari-Mei 2024	Data Laporan Observasi Citra	InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS)

Peta SHP (*shapefile*) batas wilayah desa dan Kecamatan Kota Metro dapat diunduh melalui website resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia, kemudian dimasukkan ke dalam software ArcGis 10.8 serta menjadi layer paling dasar pada tahap-tahap berikutnya.

Selanjutnya, data kejadian demam berdarah *dengue* (DBD) yang didapatkan dari Dinas Kesehatan Kota Metro diidentifikasi titik koordinat per kejadiannya. Ketika titik koordinat setiap kejadian DBD sudah teridentifikasi, masukkan data tersebut ke dalam software ArcGis 10.8 di atas peta batas wilayah Kota Metro yang sudah ada sebelumnya.

Data suhu dan kelembapan Kota Metro bisa didapatkan dengan terlebih dahulu mengunduh bahan mentah yang tersedia pada laman *United States Geological Survey* (USGS) dengan kode Landsat 8 dan 9. Selanjutnya, bahan

mentah tersebut dimasukkan ke dalam software ArcGis 10.8 dan diproses dengan mengubah tampilan dan klasifikasi berdasarkan kebutuhan penelitian.

Langkah pengolahan bahan suhu atau *Land Surface Temperature* (LST) adalah sebagai berikut (Nejad & Zoratipour, 2019; Rosado *et al.*, 2020; Imran *et al.*, 2021; Acharya *et al.*, 2018; Tariq & Zaidi, 2019; Tsai *et al.*, 2018; Naqvi *et al.*, 2021):

1. Unduh citra satelit Landsat 8 dan 9 dari USGS Earth Explorer (Band 4, 5, dan 10).
2. Gunakan *Raster Calculator* untuk perhitungan yang akan dilakukan (*Spatial Analyst Tools* → *Map Algebra* → *Raster Calculator*).
3. Konversi *Digital Number* (DN) ke *Radiance*.

Rumus:

$$\text{Radiance} = ML * Q_{cal} + AL$$

Keterangan:

- ML = *Radiance multiplicative scaling factor* (dari metadata MTL)
- AL = *Radiance additive scaling factor*
- Qcal = nilai DN

4. Konversi *Radiance* ke *Brightness Temperature* (BT).

Rumus:

$$BT = K2 / \ln(K1 / \text{Radiance} + 1)$$

Keterangan:

- K1 dan K2: Konstanta thermal (lihat metadata)

5. Hitung *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

Rumus:

$$NDVI = (\text{Float}(\text{"Band_5"}) - \text{Float}(\text{"Band_4"})) / (\text{Float}(\text{"Band_5"}) + \text{Float}(\text{"Band_4"}))$$

6. Hitung nilai *Proportion of Vegetation* (PV).

Rumus:

$$PV = ((NDVI - NDVImin) / (NDVImax - NDVImin))^2$$

7. Hitung *Emissivity* (ϵ).

Rumus:

$$\epsilon = 0.004 * PV + 0.986$$

8. Hitung *Land Surface Temperature* (LST)

Rumus:

$$LST = BT / (1 + (\lambda * BT / \rho) * \ln(\epsilon))$$

Keterangan:

- λ = panjang gelombang band (10.895 μm untuk Band 10)
- $\rho = h * c / \sigma = 1.438 * 10^{-2} \text{ m}\cdot\text{K}$ (konstanta)

9. Visualisasikan Hasil LST

- Simpan hasil LST dalam format raster (*.tif).
- Gunakan *Symbology* untuk menampilkan hasil dalam bentuk temperatur ($^{\circ}\text{C}$).

Selanjutnya, untuk mengolah data kelembapan atau *Normalized Difference Moisture Index* (NDMI) adalah sebagai berikut (Nejad & Zoratipour, 2019; Kumar & Agrawal, 2020; Sintayehu *et al.*, 2020; Rahmah *et al.*, 2024; Naqvi *et al.*, 2021):

1. Unduh citra satelit Landsat 8 dan 9 dari USGS Earth Explorer (Band 5 dan 6).
2. Gunakan *Raster Calculator* untuk perhitungan yang akan dilakukan (*Spatial Analyst Tools* \rightarrow *Map Algebra* \rightarrow *Raster Calculator*).
3. Hitung NDMI

Rumus:

$$NDMI = (Float("Band_5") - Float("Band_6")) / (Float("Band_5") + Float("Band_6"))$$

4. Simpan dan Visualisasikan NDMI

- Simpan hasilnya sebagai raster layer (*.tif).
- Gunakan *Symbology* untuk menampilkan peta NDMI secara tematik.

Sementara itu, tingkat curah hujan Kota Metro didapatkan dengan mengunduh bahan mentah yang tersedia pada laman *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS) yang disesuaikan dengan periode kebutuhan penelitian. CHIRPS menyediakan data curah hujan harian, dekadal, dan bulanan dalam format raster (biasanya GeoTIFF), dengan resolusi spasial 0.05° (~5 km). Selanjutnya, bahan mentah tersebut dimasukkan ke dalam software ArcGis 10.8 dan diproses dengan mengubah tampilan dan klasifikasi berdasarkan kebutuhan penelitian. Langkah pengolahan data curah hujan adalah sebagai berikut (Ahana *et al.*, 2024):

1. Unduh data CHIRPS

- Kunjungi <https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/>
- Pilih resolusi waktu (harian, dekadal, atau bulanan).
- Unduh data dalam format GeoTIFF (.tif) sesuai wilayah dan waktu yang diinginkan.

2. Masukkan data ke ArcGIS

- Buka ArcGIS, kemudian *add* data CHIRPS (.tif).
- Ekstraksi berdasarkan wilayah studi (Kota Metro)

3. Gunakan *Spatial Analyst* → *Extraction* → *Extract by Mask*.

- Input raster: data CHIRPS.
- Input mask: *shapefile* wilayah studi.

4. Visualisasi dan Klasifikasi

- Klik kanan layer → *Properties* → *Symbology*.
- Ubah *color ramp* agar menggambarkan intensitas curah hujan.

3.7 Pengolahan dan Analisis Data

Data yang telah didapatkan akan diperiksa terlebih dahulu sebelum proses input data di dalam *software*. Selanjutnya data akan dimasukkan ke dalam software komputer, diberikan kode, dan diklasifikasikan ke dalam kategorinya masing-masing. Data kemudian diolah secara spasial menggunakan *software* ArcGis 10.8 yang dapat menampilkan pola persebaran kejadian DBD di Kota Metro pada Januari-Mei 2024 serta hubungannya dengan variabel suhu, kelembapan, dan curah hujan dalam bentuk peta.

Adapun fungsi analisis spasial yang digunakan dalam *software* ArcGis 10.8 dalam menampilkan informasi data secara geografis adalah analisis *Average Nearest Neighbour* (ANN) *Analysis* dan analisis *Overlay*.

1. Analisis *Average Nearest Neighbour* (ANN) *Analysis*

Average Nearest Neighbour (ANN) *Analysis* adalah teknik yang digunakan dalam analisis spasial untuk mengevaluasi pola distribusi titik-titik dalam suatu area geografis. Metode ini menghitung jarak antara setiap titik dengan titik terdekatnya, memungkinkan analisis pola distribusi berdasarkan jarak tersebut. Hasil dari analisis ini biasanya diukur melalui Indeks *Nearest Neighbour* yang membandingkan jarak rata-rata titik-titik tersebut dengan jarak yang diharapkan jika distribusi berlangsung secara acak. Nilai indeks yang diperoleh memberikan informasi tentang pola distribusi: nilai kurang dari 1 menunjukkan ada kecenderungan pengelompokan (*cluster*), nilai sama dengan 1 menunjukkan distribusi acak (*random*), dan nilai lebih dari 1 menunjukkan kecenderungan penyebaran yang lebih merata (*dispersed*) (Thompson *et al.*, 2022).

2. Analisis *Overlay*

Analisis *overlay* adalah teknik yang digunakan untuk menggabungkan dua atau lebih layer data geografis guna mengidentifikasi hubungan dan pola antara berbagai fitur. Dalam metode ini, setiap layer dapat mewakili jenis data yang berbeda, seperti penggunaan lahan, lokasi sumber daya, atau batas administratif. Proses *overlay* melibatkan penumpukan layer yang berbeda

dan analisis tumpang tindih untuk mengidentifikasi area yang memenuhi kriteria tertentu. Beberapa metode *overlay* yang umum digunakan mencakup *union* (menggabungkan semua fitur dari layer yang berbeda), *intersect* (menyimpan hanya fitur yang tumpang tindih), *difference* (menampilkan fitur yang ada di satu *layer* tetapi tidak di *layer* lainnya), dan lain-lain (Shahzad *et al.*, 2020).

3.8 Etika Penelitian

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan nomor surat persetujuan etik 1557/UN26.18/PP.05.02.00/2025.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil analisis *Average Nearest Neighbour* (ANN) menunjukkan bahwa pola sebaran kasus DBD di Kota Metro selama bulan Januari sampai bulan Mei tahun 2024 adalah **mengelompok (*clustered*)**.
2. Hasil analisis *overlay* menunjukkan bahwa kasus DBD di Kota Metro selama bulan Januari sampai bulan Mei tahun 2024 cenderung lebih tinggi pada daerah dengan kategori suhu **20°C-30°C** dengan jumlah 143 dari 248 kasus (57,66%).
3. Hasil analisis *overlay* menunjukkan bahwa kasus DBD di Kota Metro selama bulan Januari sampai bulan Mei tahun 2024 cenderung lebih tinggi pada daerah dengan kategori kelembapan **lembap** dengan jumlah 137 dari 248 kasus (55,24%).
4. Hasil analisis *overlay* menunjukkan bahwa kasus DBD di Kota Metro selama bulan Januari sampai bulan Mei tahun 2024 cenderung lebih tinggi pada daerah dengan kategori curah hujan **lebat** dengan jumlah 127 dari 248 kasus (51,2%).

5.2 Saran

1. Bagi Pemerintah Kota Metro

- a. Melakukan dan edukasi kepada masyarakat terkait masa-masa ketika suhu, kelembapan, dan curah hujan di Kota Metro cenderung sedang optimal untuk pertumbuhan nyamuk dan penularan DBD.
- b. Melakukan upaya pencegahan penyebaran DBD (*fogging*, penguatan system surveilans, perbaikan infrastruktur lingkungan, uji coba vaksin *dengue*, dll) terutama pada masa ketika suhu, kelembapan, dan curah hujan di Kota Metro cenderung sedang optimal untuk pertumbuhan nyamuk dan penularan DBD.
- c. Meningkatkan kewaspadaan dan kesiapsiagaan untuk melakukan respons cepat dalam menangani kasus DBD terutama pada masa ketika suhu, kelembapan, dan curah hujan di Kota Metro cenderung sedang optimal untuk pertumbuhan nyamuk dan penularan DBD.
- d. Memberikan perhatian lebih dalam upaya pencegahan dan penanganan kepada daerah dengan kerawanan penularan DBD yang cenderung lebih tinggi.

2. Bagi Masyarakat Kota Metro

- a. Saling mengedukasi dan memasifkan pelaksanaan 3M plus (3M = menutup, menguras, dan mendaur ulang. Plus = memelihara ikan pemakan jentik, menabur larvasida, menggunakan kelambu pada waktu tidur, dan melakukan pemeriksaan jentik berkala sesuai dengan kondisis tempat) terutama pada masa ketika suhu, kelembapan, dan curah hujan di Kota Metro cenderung sedang optimal untuk pertumbuhan nyamuk dan penularan DBD.
- b. Saling mengedukasi dan membiasakan untuk melaporkan serta menangani kasus DBD ke fasilitas kesehatan terdekat.

3. Bagi Peneliti Selanjutnya

- a. Untuk mendapatkan data suhu dan kelembapan yang lebih akurat dengan kondisi sebenarnya sesuai dengan waktu yang ditentukan, disarankan untuk menggunakan lebih banyak data citra landsat dengan waktu yang berbeda, tidak hanya menggunakan data 1 hari untuk mewakili kondisi 1 bulan.
- b. Untuk mendapatkan data curah hujan yang lebih akurat, disarankan untuk menggunakan data dari stasiun klimatologi bagi daerah dengan akses dekat dengan stasiun klimatologi.
- c. Diharapkan dapat meneliti faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi penyebaran DBD.
- d. Diharapkan dapat meneliti di daerah rawan DBD yang lain dengan faktor risiko yang sama ataupun berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah NAMH, Dom NC, Salleh SA, Dapari R, Precha N. 2025. Dengue's climate conundrum: how vegetation and temperature shape mosquito populations and disease outbreaks. *BMC Public Health*. 25(1): 4.
- Acharya BK, Cao C, Lakes T, Chen W, Naeem S, Pandit S. 2018. Modeling the spatially varying risk factors of dengue fever in Jhapa district, Nepal, using the semi-parametric geographically weighted regression model. *International Journal of Biometeorology*. 62(11): 1973–1986.
- Adil A, Kom S. 2017. *Sistem Informasi Geografis*. Penerbit Andi.
- Adiputra INM. 2021. Clustering Penyakit Dbd Pada Rumah Sakit Dharma Kerti Menggunakan Algoritma K-Means. *Insert: Information System and Emerging Technology Journal*. 2(2): 99–105.
- Agnesia Y, Sari SW, Ramadhani DW. 2023. *Demam Berdarah Dengue (DBD): Determinan & Pencegahan*. Penerbit NEM.
- Ahana BS, Posite VR, Maouly DK, Abdelbaki C, Kantoush SA, Nguyen BQ, Kumar N. 2024. Changing Rainfall Patterns in the Northeastern South Kivu Region, Democratic Republic of the Congo: A Detailed Analysis Using CHIRPS Rainfall Data (1981–2023). *Earth Systems and Environment*. 8(4): 1733–1750.
- Ahmad ZF, Mongilong NS, Kadir L, Moo DR. 2023. Perbandingan Manifestasi Klinis Penderita Demam Berdarah. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*. 3(1).
- Ali EOM, Babalghith AO, Bahathig AOS, Toulah, FHS, Bafaraj TG, Al-Mahmoudi SMY, Alhazmi AMF, Abdel-Latif ME. 2021. Prevalence of Larval Breeding Sites and Seasonal Variations of *Aedes aegypti* Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Makkah Al-Mokarramah, Saudi Arabia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(14): 7368.

- Anggraini DR, Huda S, Agushybana F. 2021. Faktor Perilaku Dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) Di Daerah Endemis Kota Semarang. *Jurnal Ilmu Keperawatan dan Kebidanan*. 12(2): 344–349.
- Ariati J, Musadad DA. 2012. Kejadian demam berdarah dengue (DBD) dan faktor iklim di Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Ekologi Kesehatan*. 11(4): 279–286.
- Asih E, Putri VT, Lusida N, Mallongi A, Latifah N, Fajrini F, Hardiman SG. 2023. Analisis Variasi Iklim dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*. 19(1): 33–41.
- Asniati A, Indirawati SM, Slamet B. 2021. Analisis Sebaran Spasial Kerawanan Penyakit Demam Berdarah Dengue Tahun 2010–2019 di Kota Banda Aceh. *Jurnal Serambi Engineering*. 6(1).
- Awangga RM. 2019. Pengantar Sistem Informasi Geografis: Sejarah, Definisi Dan Konsep Dasar. Kreatif.
- Badan Pusat Statistik. 2024. Kota Metro Dalam Angka. BPS Kota Metro, ed. Metro: Badan Pusat Statistik Kota Metro.
- Baril C, Pilling BG, Mikkelsen MJ, Sparrow JM, Duncan CAM, Koloski CW, LaZerte SE, Cassone BJ. 2023. The influence of weather on the population dynamics of common mosquito vector species in the Canadian Prairies. *Parasites & Vectors*. 16(1): 153.
- Binsasi E, Bano EN, Salsinha CN. 2021. Analisis model penyebaran penyakit demam berdarah dengue di kota kefamenanu. *Jurnal Statistika dan Matematika (Statmat)*. 3(1).
- Bone T, Kaunang W, Langi F. 2021. Hubungan Antara Curah Hujan, Suhu Udara, dan Kelembaban dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue di Kota Manado Tahun 2015-2020. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*. 10(5).
- BPS Kota Metro. 2023a. Rata-rata Jumlah Curah Hujan per Bulan di Kota Metro. Badan Pusat Statistik Kota Metro.
- BPS Kota metro. 2023. Rata-rata Kelembapan per Bulan di Kota Metro. Badan Pusat Statistik Kota Metro.
- BPS Kota Metro. 2023b. Rata-rata Suhu Udara per Bulan di Kota Metro. Badan Pusat Statistik Kota Metro.
- Caldwell JM, LaBeaud AD, Lambin EF, Stewart-Ibarra AM, Ndenga BA, Mutuku FM, Krystosik, AR, Ayala, EB, Anyamba A, Borbor-Cordova MJ, Damoah, R., Grossi-Soyster EN, Heras FH, Ngugi HN,

- Ryan SJ, Shah MM, Sippy R, Mordecai EA. 2021. Climate predicts geographic and temporal variation in mosquito-borne disease dynamics on two continents. *Nature Communications*. 12(1): 1233.
- Canon FA, Kalesaran AFC, Malonda NSH. 2020. Hubungan Antara Kelembapan Dan Curah Hujan Terhadap Angka Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) Di Wilayah Kota Manado Tahun 2014-2018. *Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*. 9(1).
- Chan M, Johansson MA. 2012. The Incubation Periods of Dengue Viruses. *Plos One*. 7(11).
- Delita K, Nurhayati. 2022. Ekologi dan Entomologi Vektor Demam Berdarah Dengue *Aedes aegypti*. K. Indah, ed. Surabaya: Kurnia Group.
- Dinas Kesehatan Kota Metro. 2023. Profil Kesehatan Kota Metro 2022. Kota Metro: Dinas Kesehatan Provinsi Lampung.
- Dinas Kesehatan Provinsi Lampung. 2024. Profil Kesehatan Provinsi Lampung 2023. Bandar Lampung: Dinas Kesehatan Provinsi Lampung.
- Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. 2020. Landsat 8-9 Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor Level-1, Collection 2 [dataset]. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.5066/P975CC9B> 14 March 2025.
- Ernyasih E, Srisantyorini T, Fauziah M, Andriyani A. 2022. Studi Literature Hubungan Variasi Iklim (Curah Hujan, Suhu Udara Dan Kelembaban Udara) Dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue di Indonesia Tahun 2007–2020. *Environmental Occupational Health and Safety Journal*. 2(1): 35–48.
- Ernyasih, Shalihat A, Srisantyorini T, Fauziah M. 2021. Hubungan Variasi Iklim (Curah Hujan, Suhu Udara Dan Kelembaban Udara) Dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue di Indonesia Tahun 2007-2020. *Environmental Occupational Health and Safety Journal*. 2(1): 35.
- Flaibani N, Pérez AA, Barbero IM, Burrioni NE. 2020. Different approaches to characterize artificial breeding sites of *Aedes aegypti* using generalized linear mixed models. *Infectious Diseases of Poverty*. 9(1): 107.
- Fouque F, Carinci R, Gaborit P, Issaly J, Bicout DJ, Sabatier P. 2006. *Aedes aegypti* survival and dengue transmission patterns in French Guiana. *Journal of Vector Ecology*. 31(2): 390–399.
- Frida N. 2020. Mengenal Demam Berdarah Dengue. Alprin.

- Fuadiyah M, Widawati M. 2018. Faktor iklim berpengaruh terhadap kejadian demam berdarah dengue di Kota Cimahi Tahun 2004-2013. *Spirakel*. 10(2): 86–96.
- Goindin D, Delannay C, Ramdini C, Gustave J, Fouque F. 2015. Parity and Longevity of *Aedes aegypti* According to Temperatures in Controlled Conditions and Consequences on Dengue Transmission Risks. *Plos One*. 10(8).
- Hadinegoro SRS. 2012. The revised WHO dengue case classification: does the system need to be modified? *Paediatrics and International Child Health*. 32(sup1): 33–38.
- Halim R, Rifal M. 2024. Trombositopenia pada Demam Berdarah Dengue. *UMI Medical Journal*. 9(1): 1–9.
- Henry S, Mendonça FA. 2020. Past, Present, and Future Vulnerability to Dengue in Jamaica: A Spatial Analysis of Monthly Variations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(9): 3156.
- Hooshyar M, Wagner, CE, Baker RE, Yang W, Vecchi GA, Metcalf CJE, Grenfell BT, Porporato A. 2020. Dengue seasonality and non-monotonic response to moisture: a model-data analysis of Sri Lanka incidence from 2011 to 2016. *arXiv preprint arXiv:2009.02847*.
- Imran M, Hamid Y, Mazher A, Ahmad SR. 2021. Geo-spatially modelling dengue epidemics in urban cities: a case study of Lahore, Pakistan. *Geocarto International*. 36(2): 197–211.
- Irwansyah E. 2013. Sistem informasi geografis: prinsip dasar dan pengembangan aplikasi. *DigiBook Yogyakarta*.
- Ismah Z, Purnama TB, Wulandari DR, Sazkiah ER, Ashar YK. 2021. Faktor Risiko Demam Berdarah di Negara Tropis. *ASPIRATOR - Journal of Vector-borne Disease Studies*. 13(2): 147–158.
- Jayarajah U, Dissanayake U, Abeysuriya V, De Silva PK, Jayawardena P, Kulatunga A, Fernando H, Madarasinghe M, Hapugoda D, Perera L. 2020. Comparing the 2009 and 1997 World Health Organization dengue case classifications in a large cohort of South Asian patients. *The Journal of Infection in Developing Countries*. 14(07): 781–787.
- Kamau WW, Sang R, Rotich G, Agha SB, Menza N, Torto B, Tchouassi DP. 2023. Patterns of *Aedes aegypti* abundance, survival, human-blood feeding and relationship with dengue risk, Kenya. *Frontiers in Tropical Diseases*. 4.
- Kementerian Kesehatan RI. 2021. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/4636/2021 Pedoman

Nasional Pelayanan Kedokteran Tatalaksana Infeksi Dengue Anak dan Remaja. Indonesia.

Kementerian Kesehatan RI. 2020. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/9845/2020 Tentang Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tatalaksana Infeksi pada Dewasa. Indonesia.

Kementerian Kesehatan RI. 2023. Profil Kesehatan Indonesia 2022. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.

Kementerian Kesehatan RI. 2024. Profil Kesehatan Indonesia 2023. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.

Kenneson A, Beltrán-Ayala, E, Borbor-Cordova MJ, Polhemus, ME, Ryan SJ, Endy, TP, Stewart-Ibarra AM. 2017. Social-ecological factors and preventive actions decrease the risk of dengue infection at the household-level: Results from a prospective dengue surveillance study in Machala, Ecuador. *Plos Neglected Tropical Diseases*. 11(12).

Kosnayani AS, Hidayat AK. 2018. Hubungan antara pola curah hujan dengan kejadian DBD di Kota Tasikmalaya tahun 2006-2015 (kajian jumlah curah hujan dan hari hujan). *Jurnal Siliwangi Seri Sains dan Teknologi*. 4(1).

Kularatne SA, Dalugama C. 2022. Dengue infection: Global importance, immunopathology and management. *Clinical Medicine*. 22(1): 9–13.

Kumar S, Agrawal S. 2020. Prevention of vector-borne disease by the identification and risk assessment of mosquito vector habitats using GIS and remote sensing: a case study of Gorakhpur, India. *Nanotechnology for Environmental Engineering*. 5(2): 19. <https://doi.org/10.1007/s41204-020-00084-y>.

Lahdji A, Putra BB. 2017. Hubungan curah hujan, suhu, kelembaban dengan kasus demam berdarah dengue di Kota Semarang. *Medika*. 8(1).

Lesmana O, Halim R. 2020. Gambaran Tingkat Kepadatan Jentik Nyamuk *Aedes aegypti* di Kelurahan Kenali Asam Bawah Kota Jambi. *Jurnal Kesmas Jambi*. 4(2): 59–69.

Lestari PD, Isfandiari MA, Maryanto YB. 2024. Pola Curah Hujan dengan Insiden Rate Demam Berdarah Dengue di Kabupaten Blitar. *Media Gizi Kesmas*. 13(1): 75–84.

Lowe R, Gasparrini A, Van Meerbeeck CJ, Lippi CA, Mahon R, Trotman AR, Rollock L, Hinds AQJ, Ryan SJ, Stewart-Ibarra AM. 2018.

- Nonlinear and delayed impacts of climate on dengue risk in Barbados: A modelling study. *Plos Medicine*. 15(7): e1002613.
- Luz C, Tai M, Santos A, Silva H. 2008. Impact of moisture on survival of *Aedes aegypti* eggs and ovicidal activity of *Metarhizium anisopliae* under laboratory conditions. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 103(2): 214–215.
- Ma H, Tong Y. 2022. Spatial differentiation of traditional villages using ArcGIS and GeoDa: A case study of Southwest China. *Ecological Informatics*. 68: 101416.
- Masjuwita M, Sartati E, Ibrahim A, Reflis R, Utama SP. 2024. Analisis Korelasi Kelembaban Udara terhadap Epidemi Demam Berdarah yang Terjadi di Kota Bengkulu. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*. 3(2): 170–175.
- Melly A, Anggraini D. 2022. Aspek Klinis dan Pemeriksaan Laboratorium untuk Diagnosis Demam Berdarah Dengue. *Scientific Journal*. 1(1): 68–76.
- Mentari SAFB. 2023. Faktor Risiko Demam Berdarah di Indonesia. *Jurnal Manajemen Kesehatan Yayasan RS. Dr. Soetomo*. 9(1): 22–36.
- Montgomery MJ, Harwood JF, Yougang AP, Wilson-Bahun TA, Tedjou AN, Keumeni CR, Wondji CS, Kamgang B, Kilpatrick AM. 2025. The effects of urbanization, temperature, and rainfall on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquito abundance across a broad latitudinal gradient in Central Africa. *Parasites & Vectors*. 18(1): 135.
- Morin CW, Comrie AC, Ernst K. 2013. Climate and Dengue Transmission: Evidence and Implications. *Environmental Health Perspectives*. 121(11–12): 1264–1272.
- Naqvi SAA, Sajjad M, Waseem LA, Khalid S, Shaikh S, Kazmi SJH. 2021. Integrating Spatial Modelling and Space–Time Pattern Mining Analytics for Vector Disease-Related Health Perspectives: A Case of Dengue Fever in Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(22): 12018.
- Nejad MF, Zoratipour A. 2019. Assessment of LST and NDMI indices using MODIS and Landsat images in Karun riparian forest. *Journal of Forest Science*. 65(1): 27–32.
- Ngugi HN, Mutuku FM, Ndenga BA, Musunzaji PS, Mbakaya JO, Aswani P, Irungu, LW, Mukoko D, Vulule, J, Kitron U, LaBeaud AD. 2017. Characterization and productivity profiles of *Aedes aegypti* (L.)

breeding habitats across rural and urban landscapes in western and coastal Kenya. *Parasites & Vectors*. 10(1): 331.

- Nisaa A. 2018. Korelasi Antara Faktor Curah Hujan Dengan Kejadian DBD Tahun 2010-2014 Di Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 14(1): 25–33.
- Nugraha F, Haryanto B, Wulandari RA, Pakasi TT. 2021. Studi Ekologi Hubungan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) dengan Faktor Iklim di Kota Administrasi Jakarta Pusat, Indonesia Tahun 1999-2018. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 10(03): 142–148.
- Oroh MY, Pinontoan OR, Tuda JBS. 2020. Faktor lingkungan, manusia dan pelayanan kesehatan yang berhubungan dengan kejadian demam berdarah dengue. *Indonesian Journal of Public Health and Community Medicine*. 1(3): 35–46.
- Pan American Health Organization. 2022. Guidelines for the Clinical Diagnosis and Treatment of Dengue, Chikungunya, and Zika. Pan American Health Organization.
- Parveen S, Riaz Z, Saeed S, Ishaque U, Sultana M, Faiz Z, Shafqat Z, Shabbir S, Ashraf S, Marium A. 2023. Dengue hemorrhagic fever: a growing global menace. *Journal of water and health*. 21(11): 1632–1650.
- Pebrianti H, Ilham I, Kalsum U. 2021. Hubungan Faktor Lingkungan Fisik, Perilaku Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) 3M Plus dan Keberadaan Vektor Terhadap Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD). *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*. 6(11): 5639–5656.
- Phanitchat T, Zhao B, Haque U, Pientong C, Ekalaksananan T, Aromseree S, Thaewnongiew K, Fustec B, Bangs MJ, Alexander N, Overgaard HJ. 2019. Spatial and temporal patterns of dengue incidence in northeastern Thailand 2006–2016. *BMC Infectious Diseases*. 19(1): 743.
- Rahmah IZ, Prasetyo Y, Bashit N. 2024. Analisis Sebaran Tingkat Kelembapan Tanah terhadap Lahan Sawah di Kabupaten Pati Menggunakan Citra Landsat 8 dan 9. *Media Komunikasi Geografi*. 25(1): 53–65.
- Ritonga HS, Irmayani D, Pane R. 2021. Sistem informasi geografis (GIS) pada rumah sakit di kabupaten labuhanbatu berbasis web. *Jurteksi (Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi)*. 7(2): 227–235.
- Rosado RMG, Guzmán EMA, Lopez CJE, Molina WM, García HLC, Yedra EL. 2020. Mapping the LST (Land Surface Temperature) with Satellite Information and Software ArcGis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 811(1): 012045.

- Roy SK, Bhattacharjee S. 2021. Dengue virus: epidemiology, biology, and disease aetiology. *Canadian journal of microbiology*. 67(10): 687–702.
- Ruth SND. 2023. Pengaruh Curah Hujan dan Suhu Udara Terhadap Demam Berdarah Dengue (Dbd) Pada Studi Kasus Kota Tangerang Selatan [skripsi]. Banten: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Santi NE, Anwar C, Sunarsih E. 2023. Epidemiologi, Biologi, Patogenesis, Manifestasi Klinis. dan Diagnosis Infeksi Virus Dengue di Indonesia: Kajian Literatur Komprehensif. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 13(4): 1179–1188.
- Santoso JT. 2021. GIS (Sistem Informasi Geografi). Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik: 1–619.
- Saputra AU, Ariyani Y, Dewi P. 2023. Faktor yang berhubungan dengan lingkungan fisik dan kebiasaan keluarga terhadap penyakit demam berdarah dengue (DBD). *Jurnal 'aisyiyah Medika*. 8(2).
- Setiawati M.D. 2019. The Effect of Climate Variables on Dengue Burden in Indonesia: A Case Study from Medan City. *Journal of Geoscience and Environment Protection*. 07(10): 80–94.
- Setiyadi NA, Darnoto S, Arozaq M. 2021. Sistem Informasi Geografis (SIG) Kesehatan Masyarakat. Muhammadiyah University Press.
- Shahzad H, Farid HU, Khan ZM, Anjum MN, Ahmad I, Chen X, Sakindar P, Mubeen M, Ahmad M, Gulakhmadov A. 2020. An Integrated Use of GIS, Geostatistical and Map Overlay Techniques for Spatio-Temporal Variability Analysis of Groundwater Quality and Level in the Punjab Province of Pakistan, South Asia. *Water*. 12(12): 3555.
- Shen Z, Yong B, Gourley JJ, Qi W, Lu D, Liu J, Ren L, Hong Y, Zhang J. 2020. Recent global performance of the Climate Hazards group Infrared Precipitation (CHIRP) with Stations (CHIRPS). *Journal of Hydrology*. 591: 125284.
- Shimelis T, Mulu A, Mengesha M, Alemu A, Mihret A, Tadesse BT, Bartlett AW, Belay FW, Schierhout G, Dittrich S, Crump JA, Vaz NS, Kaldor JM. 2023. Detection of dengue virus infection in children presenting with fever in Hawassa, southern Ethiopia. *Scientific Reports*. 13(1): 7997.
- Sidik MM. 2020. Pemetaan Kewaspadaan Dini Pada Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Tangerang Selatan Tahun 2016-2018 [skripsi]. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

- Simanjuntak NWM, Sudarisman M, Darmawan Y, Saragih IJA. 2024. Accuracy of CHIRPS rainfall data and its utilization in determining the onset of the wet and dry seasons in North Sumatra. *Mausam*. 75(3): 679–690.
- Sintayehu DW, Tassie N, Boer WF. 2020. Present and future climatic suitability for dengue fever in Africa. *Infection Ecology & Epidemiology*. 10(1).
- Sophia Y, Roxy MK, Murtugudde R, Karipot A, Sapkota A, Dasgupta P, Baliwant K, Saunik S, Tiwari A, Chattopadhyay R, Phalkey RK. 2025. Dengue dynamics, predictions, and future increase under changing monsoon climate in India. *Scientific Reports*. 15(1): 1637.
- Sugeno M, Kawazu EC, Kim, Hyun, Banouvong V, Pehlivan N, Gilfillan D, Kim H, Kim Y. 2023. Association between environmental factors and dengue incidence in Lao People's Democratic Republic: a nationwide time-series study. *BMC Public Health*. 23(1): 2348.
- Suriani N, Risnita, Jailani MS. 2023. Konsep Populasi dan Sampling Serta Pemilihan Partisipan Ditinjau Dari Penelitian Ilmiah Pendidikan. *Jurnal IHSAN : Jurnal Pendidikan Islam*. 1(2): 24–36.
- Sutriyawan A. 2021. Pencegahan Demam Berdarah Dengue (DBD) melalui pemberantasan sarang nyamuk. *Journal of Nursing and Public Health*. 9(2): 1–10.
- Sutriyawan A, Kurniati N, Novianti N, Farida U, Yusanti L, Destriani SN, Saputra MKF. 2024. Analysis of temperature, humidity, rainfall, and wind velocity on dengue hemorrhagic fever in Bandung municipality. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 14(1): 155–162.
- Tansil MG, Rampengan NH, Wilar R. 2021. Faktor risiko terjadinya kejadian demam berdarah dengue pada anak. *Jurnal Biomedik*. 13(1): 90–99.
- Tariq B, Zaidi AZ. 2019. Geostatistical modeling of dengue disease in Lahore, Pakistan. *SN Applied Sciences*. 1(5): 459.
- Terradas G, Manzano-Alvarez J, Vanalli C, Werling K, Cattadori IM, Rasgon JL. 2024. Temperature affects viral kinetics and vectorial capacity of *Aedes aegypti* mosquitoes co-infected with Mayaro and Dengue viruses. *Parasites & Vectors*. 17(1): 73.
- The Lancet. 2024. Dengue: the threat to health now and in the future. *The Lancet*. 404(10450): 311.
- Thompson AE, Walden JP, Chase ASZ, Hutson SR, Marken DB, Cap B, Fries EC, Guzman Piedrasanta MR, Hare TS, Horn SW, Micheletti GJ, Montgomery SM. 2022. Ancient Lowland Maya neighborhoods:

- Average Nearest Neighbour analysis and kernel density models, environments, and urban scale. *Plos One*. 17(11).
- Tran A, Deparis X, Dussart P, Morvan J, Rabarison P, Remy F, Polidori L, Gardon J. 2004. Dengue Spatial and Temporal Patterns, French Guiana, 2001. *Emerging Infectious Diseases*. 10(4): 615–621.
- Trivedi S, Chakravarty A. 2022. Neurological complications of dengue fever. *Current neurology and neuroscience reports*. 22(8): 515–529.
- Tsai PJ, Lin TH, Teng HJ, Yeh HC. 2018. Critical low temperature for the survival of *Aedes aegypti* in Taiwan. *Parasites & Vectors*. 11(1): 22.
- Valdez LD, Sibona GJ, Condat CA. 2018. Impact of rainfall on *Aedes aegypti* populations. *Ecological Modelling*. 385: 96–105.
- Venkatesan P. 2024. Global upsurge in dengue in 2024. *The Lancet Infectious Diseases*. 24(10): e620.
- Virgiawan BA. 2023. Analisis Spasial Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kecamatan Gedong Tataan Tahun 2019-2021 [skripsi]. Lampung: Universitas Lampung.
- Wang WH, Urbina AN, Chang Max R, Assavalapsakul W, Lu PL, Chen YH, Wang SF. 2020. Dengue hemorrhagic fever—A systemic literature review of current perspectives on pathogenesis, prevention and control. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*. 53(6): 963–978.
- Wang WH, Urbina AN, Chang Max R, Assavalapsakul W, Lu PL, Chen YH, Wang SF. 2020. Dengue hemorrhagic fever – A systemic literature review of current perspectives on pathogenesis, prevention and control. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*. 53(6): 963–978.
- World Health Organization. 2023. Disease Outbreak News: Dengue - Global situation. World Health Organization: 1–1. <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON498> 31 July 2024.
- World Health Organization. 2024a. Fact Sheet: Dengue and Severe Dengue. World Health Organization: 1–1. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue> 31 July 2024.
- World Health Organization. 2024b. Laporan Bulanan WHO Health Emergencies. Jakarta.
- Zahid MH, Wyk H, Morrison AC, Coloma J, Lee GO, Cevallos V, Ponce P, Eisenberg JNS. 2023. The biting rate of *Aedes aegypti* and its

variability: A systematic review (1970–2022). *Plos Neglected Tropical Diseases*. 17(8).

Zhang X, Sheng J, Plevka P, Kuhn RJ, Diamond MS, Rossmann MG. 2013. Dengue structure differs at the temperatures of its human and mosquito hosts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 110(17): 6795–6799.