KOLONI: Jurnal Multidisiplin Ilmu, 5 (4), Tahun 2026
e-ISSN: 2828-6863

Hubungan Antara Variabilitas Iklim Dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue Di Sulawesi Utara Tahun 2020-2024

Injiliny Virginia Polii[1]*, Fima L. F. G. Langi[2], Budi T. Ratag[3]
[1,2,3]Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi[123]
**Corresponding Author : injiliny@gmail.com*

Asbtrak: Variabilitas iklim memengaruhi pertumbuhan, aktivitas, dan kemampuan nyamuk Aedes aegypti dalam menularkan virus dengue melalui perubahan suhu, curah hujan, dan kelembapan yang berdampak langsung terhadap dinamika penyebaran penyakit di masyarakat. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara variabilitas iklim dan kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Sulawesi Utara selama tahun 2020–2024 untuk memahami pola epidemiologis berdasarkan faktor iklim tropis. Jenis penelitian ini merupakan studi time series analitik dengan menggunakan pendekatan Generalized Linear Model (GLM), ARIMA, dan Simulasi Monte Carlo yang dilaksanakan pada bulan September–Oktober 2025. Analisis GLM digunakan untuk mengidentifikasi hubungan linier antarvariabel, ARIMA untuk memodelkan tren dan pola musiman kasus DBD, sedangkan Monte Carlo digunakan untuk memperkirakan ketidakpastian hasil. Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan nyata antara faktor iklim dan jumlah kasus DBD, dengan curah hujan sebagai variabel paling dominan dibanding suhu dan kelembapan. Curah hujan tinggi menciptakan genangan air yang mendukung perkembangbiakan nyamuk, sementara suhu dan kelembapan memperkuat kelangsungan hidup dan aktivitas vektornya. Temuan ini menegaskan bahwa perubahan pola iklim, terutama peningkatan curah hujan, dapat dijadikan indikator dini dalam sistem kewaspadaan dan pencegahan DBD. Dengan demikian, variabilitas iklim terbukti berpengaruh terhadap kejadian DBD di Sulawesi Utara selama periode 2020–2024.

Kata kunci: Partikel di udara, Tuberkulosis, variabilitas iklim

Abstract: *Climate variability influences the growth, activity, and transmission capacity of Aedes aegypti mosquitoes in spreading the dengue virus through changes in temperature, rainfall, and humidity, which directly affect disease dynamics within communities. This study aimed to analyze the relationship between climate variability and the incidence of Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) in North Sulawesi during 2020–2024, in order to understand the epidemiological patterns influenced by tropical climatic factors. This research employed an analytical time series design using the Generalized Linear Model (GLM), ARIMA, and Monte Carlo Simulation, conducted between September and October 2025. The GLM analysis was used to identify linear relationships among variables, ARIMA to model trends and seasonal patterns of DHF cases, and Monte Carlo simulation to estimate uncertainty in the results. The findings revealed a significant relationship between climatic factors and DHF incidence, with rainfall identified as the most dominant variable compared to temperature and humidity. High rainfall generates water collections that serve as breeding sites for mosquitoes, while temperature and humidity enhance vector survival and biting activity. These findings highlight that changes in climate patterns, particularly increased rainfall, can serve as an early indicator in dengue surveillance and prevention systems. Thus, climate variability has been proven to influence the incidence of DHF in North Sulawesi during the 2020–2024 period*

Keywords: *Climate variability, Dengue, Time Series Analysis*

Pendahuluan

Demam berdarah dengue (DBD) adalah penyakit yang ditularkan oleh gigitan nyamuk dengan nama Aedes aegypti. Penyebab DBD adalah virus dengue yang ditularkan kepada manusia melalui nyamuk Aedes aegypti dimana ketika nyamuk tersebut menggigit manusia, virus masuk ke dalam tubuh manusia (Kemenkes, 2022). Laporan World Health Organization (WHO) per 30 April 2024, lebih dari 7,6 juta kasus demam berdarah telah dilaporkan ke WHO termasuk 3,4 juta

kasus yang dikonfirmasi, lebih dari 16.000 kasus parah dan terdapat lebih dari 3.000 kasus kematian.

Lebih jauh lagi, ini tiga kali lipat dari yang dilaporkan selama periode yang sama pada tahun 2023, menyoroti percepatan masalah kesehatan ini. Kawasan Asia Tenggara memiliki kondisi lingkungan yang memungkinkan penularan demam berdarah endemik, dan semuanya telah melaporkan kasus demam berdarah secara sistematis. Terdapat pola musiman yang jelas dalam kejadian demam berdarah, yang terkait dengan pola iklim di masing-masing negara. Pada tahun 2024 Bangladesh, Nepal, dan Thailand telah melaporkan jumlah kasus yang lebih tinggi dibandingkan dengan periode yang sama tahun 2023. Dari Januari hingga April 2024, CFR bervariasi dari 0% di Nepal hingga 1,09% di Bangladesh (WHO, 2024).

Dalam data statistik yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Sulawesi Utara memiliki angka kesakitan DBD 170 kasus per 100.000 penduduk. Dimana Kota Tomohon memiliki angka kesakitan DBD paling banyak dengan 442 kasus per 100.000 penduduk, disusul Kota manado dengan 262 kasus per 100.000 penduduk dan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur dengan 253 kasus per 100.000 penduduk (BPS Sulut, 2024).

Infeksi dengue adalah infeksi virus yang ditularkan melalui vektor yang paling umum di seluruh dunia, terutama berdampak pada negara-negara tropis dan subtropis. Virus DENV ditularkan melalui gigitan nyamuk Aedes yang terinfeksi, yang paling umum adalah Aedes aegypti dan Aedes albopictus. Penyebaran nyamuk bergantung pada faktor iklim seperti suhu, kelembaban dan curah hujan. Perubahan kondisi iklim atau cuaca dapat berdampak pada penyakit menular melalui pengaruh patogen, vektor, inang, dan lingkungan hidup mereka. Terdapat kecenderungan peningkatan kasus DBD saat memasuki masa pancaroba, di mana suhu udara dan curah hujan mengalami peningkatan. Bahkan, pada beberapa bulan tertentu setiap tahun, terjadi peningkatan kasus DBD hingga lima kali lipat dibandingkan bulan-bulan lainnya. Empat serotipe DBD yaitu DENV 1, 2, 3, 4 menyebabkan 390 juta infeksi setiap tahunnya, 96 juta di antaranya bergejala, yang merupakan beban penyakit global yang signifikan. Sehingga menjadi topik penelitian yang penting terkait dengan hubungan antara pola iklim dan cuaca lokal global serta wabah penyakit (WHO, 2024).

Pengaruh curah hujan terhadap vektor sangat bervariasi, tergantung pada jumlah curah hujan, frekuensi hari hujan dan geografi. Tinggi rendahnya curah hujan tidak secara langsung mempengaruhi kejadian kedua penyakit tersebut. Variasi curah hujan akan menentukan keberadaan genangan-genangan air yang berpotensi sebagai habitat perkembangbiakan nyamuk, baik habitat alami maupun artifisial, serta menentukan populasi nyamuk di lingkungan. Selain curah hujan, suhu udara juga berperan secara tidak langsung dalam dinamika penularan malaria

dan dengue. Suhu sangat berpengaruh pada berbagai proses biologis nyamuk termasuk laju reproduksi, laju gigitan atau frekuensi menghisap darah, laju perkembangan, longevity serta kapasitas vektor, yang mempengaruhi prevalensi nyamuk dan penyebaran penyakit tular vektor.

Kelembapan juga berpengaruh terhadap kelangsungan hidup dan frekuensi nyamuk dalam menghisap. Nyamuk yang berada di lingkungan dengan kelembapan tinggi akan menjadi lebih aktif dan lebih sering menggigit, sehingga meningkatkan risiko penularan penyakit tular vektor. Kombinasi kelembapan yang tinggi dan suhu optimal akan mempengaruhi kompetensi vektor. Kelembapan di bawah 60% akan memperpendek masa hidup nyamuk, sebaliknya kelembapan di atas 60% akan meningkatkan tingkat infeksi secara signifikan, bahkan kisaran kelembapan 80% meningkatkan risiko malaria dua kali lebih tinggi dari pada 60% (Kemenkes, 2023).

Pada penelitian Rakhmatsari & Susanna 2024 didapati bahwa suhu tidak memiliki hubungan positif dengan kejadian DBD, sedangkan kelembapan dan curah hujan memiliki hubungan positif dengan kejadian DBD. Suhu maksimum yang ekstrem menyebabkan produksi telur menurun sehingga kejadian DBD juga rendah. Kelembapan yang tinggi menyebabkan jumlah nyamuk meningkat sehingga kejadian DBD tinggi. Curah hujan rata-rata bulanan juga menyebabkan jumlah nyamuk meningkat sehingga kejadian DBD tinggi (Rakhmatsari et al, 2024).

Terdapat dua penelitian DBD di Sulawesi Utara dengan hasil terdapat hubungan antara curah hujan, kelembaban dan suhu dengan variabilitas iklim dimana dijelaskan bahwa kenaikan suhu, curah hujan dan kelembaban dipercaya dapat menaikan angka kejadian penyakit-penyakit yang dapat menjangkiti manusia seperti DBD. Perubahan iklim dapat menyebabkan peralihan curah hujan, peralihan suhu, kelembapan dan arah angin, sehingga dapat berdampak pada ekosistem daratan dan lautan juga dapat berdampak terhadap kesehatan. Perubahan iklim tersebut juga dapat berdampak pada pertumbuhan vektor-vektor penyakit, seperti nyamuk Aedes, malaria dan lainnya (Landu et al, 2021) (Tuuk et al, 2021).

Dari penelitian Soenjono, Suwarja dan Sambuaga (2020) mendapati bahwa Sulawesi Utara termasuk daerah yang memiliki transmisi virus dengue tinggi karena CI lebih besar 10%. Lebih lanjut dalam hasil pemetaan terhadap resistensi nyamuk Aedes sp, ditunjukkan bahwa hasil uji resistensi di Sulawesi Utara khususnya di lima kabupaten dan kota, yaitu Kabupaten Minahasa Utara, Kabupaten Minahasa, Kota Tomohon, Kota Bitung dan Kota Manado menunjukkan bahwa rata-rata nyamuk Aedes sp sebagai vektor Demam Berdarah Dengue (DBD) Kabupaten/Kota tersebut sudah resisten terhadap malation, kecuali Kabupaten Minahasa Utara.

Stasiun Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang berada di Sulawesi Utara berjumlah lima stasiun yang akan membantu penulis dalam mendapatkan data variabilitas

iklim yang diperlukan selama penelitian. Dari penjelasan diatas yang memperkuat asumsi bahwa variabilitas iklim mampu mempengaruhi keberlangsungan hidup vektor nyamuk aedes aegepti yang menjadi penyebab DBD serta dengan data yang menunjukkan bahwa Sulawesi Utara memiliki angka kesakitan DBD 170 per 100.000 penduduk. Kondisi inilah yang menjadi alasan peneliti ingin melakukan penelitian lebih lanjut untuk dapat menjawab permasalahan dimaksud.

METODE

Riset ini menggunakan model desain penelitian ekologi longitudinal untuk meneliti hubungan antara variabilitas iklim (curah hujan, kelembapan dan suhu) dan prevalensi demam berdarah di Sulawesi Utara, Indonesia. Analisis deret waktu akan dilakukan untuk mengidentifikasi tren, musim dan hubungan iklim-DBD. Dalam menganalisis data, diterapkan Model Linear Umum (GLM) merupakan pendekatan statistik yang digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara satu atau lebih variabel bebas dengan variabel terikat yang memiliki skala data kontinu. *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) merupakan model statistik yang dimanfaatkan untuk menganalisis serta meramalkan data deret waktu (*time series*), seperti data suhu, curah hujan, atau jumlah kasus DBD berdasarkan urutan waktu. Simulasi Monte Carlo untuk kuantifikasi ketidakpastian merupakan teknik komputasi yang digunakan untuk menilai dan mengevaluasi ketidakpastian dalam suatu model atau sistem dengan melakukan ribuan simulasi acak yang didasarkan pada distribusi probabilitas dari variabel input.

HASIL

Tabel 1. Hasil Uji *Assumption Checks*

Collinearity Statistics

	VIF	Tolerance
Suhu	2.02	0.496
Kelembapan	3.08	0.325
Curah Hujan	1.96	0.511

Normality Tests

	Statistic	p
Shapiro-Wilk	0.809	< .001
Kolmogorov-Smirnov	0.172	0.069
Anderson-Darling	2.82	< .001

Note. Additional results provided by *moretests*

Dari hasil uji asumsi seperti pada tabel 1 diketahui bahwa model bebas dari multikolinearitas (VIF < 10; tolerance > 0,1) dan meskipun uji normalitas mengindikasikan deviasi

dari distribusi normal (p < 0,001), model GLM tetap layak digunakan karena cukup robust terhadap penyimpangan ringan dari normalitas.

Tabel 2. Model SARIMAX terpilih: SARIMAX(0,1,3) dengan exog (suhu, kelembapan, curah hujan)

Term	Coefficient	p-value
Suhu	-18.7167	0.8771
Kelembapan	-5.7709	0.8252
Curah_Hujan	12.9143	0.0913
ma.L1	-0.1215	0.6076
ma.L2	-0.2516	0.5499
ma.L3	-0.2607	0.4563
sigma2	14879.5776	0.0000

Berdasarkan tabel 2 dapat ditarik kesimpulan bahwa tidak ada komponen autoregresif (p=0), data dibuat stasioner dengan satu kali differencing (d=1), kemudian terdapat tiga komponen moving average (q=3). Model ini juga memasukkan variabel eksogen seperti suhu, kelembapan, dan curah hujan untuk menjelaskan variasi kasus DBD. Tabel menunjukkan nilai koefisien dan signifikansi (p-value). Koefisien positif menunjukkan hubungan searah dengan kasus DBD, sedangkan nilai p<0,05 menandakan pengaruh signifikan secara statistik.

Tabel 3. Hasil Simulasi Monte Carlo

Statistik	Nilai
R	112
2,5%	107,9
97,5%	116,2

Nilai estimasi rata-rata sebesar 112, dengan interval kepercayaan 95% antara 107,9 hingga 116,2. Artinya, berdasarkan ribuan percobaan acak yang dilakukan, nilai sebenarnya diperkirakan berada dalam rentang tersebut. Rentang yang relatif sempit menunjukkan bahwa hasil simulasi cukup stabil dan tingkat ketidakpastian rendah. Dalam konteks penelitian adalah prediksi kasus DBD, maka dapat diartikan bahwa jumlah kasus diperkirakan sekitar 112 kasus, dengan kemungkinan sebenarnya berkisar antara 108 hingga 116 kasus yang terpengaruh dengan suhu, curah hujan dan kelembapan.

Pembahasan

Suhu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata suhu bulanan di Sulawesi Utara selama periode 2020–2024 berkisar antara 25,4°C hingga 27,9°C, dengan variasi yang relatif stabil dari tahun ke tahun. Pola musiman menunjukkan peningkatan suhu pada bulan April hingga Oktober, dengan suhu tertinggi tercatat pada Mei 2024 sebesar 27,9°C. Kondisi suhu tersebut berada dalam kisaran optimal untuk perkembangan nyamuk Aedes aegypti, yaitu antara 25–30°C, yang dapat mempercepat siklus hidup vektor serta memperpendek masa inkubasi virus dengue. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Karyanti et al. (2023) yang melaporkan bahwa peningkatan suhu di atas 26°C berhubungan dengan kenaikan insiden DBD di wilayah tropis Indonesia.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sapulete et al. (2024) di Kabupaten Minahasa Utara menunjukkan hasil serupa, di mana fluktuasi kejadian DBD sangat dipengaruhi oleh variasi iklim, khususnya suhu dan curah hujan. Studi tersebut menemukan bahwa peningkatan suhu udara yang berada pada kisaran optimal bagi pertumbuhan Aedes aegypti berkontribusi terhadap percepatan siklus hidup vektor dan peningkatan risiko penularan dengue. Temuan ini memperkuat hasil penelitian di Sulawesi Utara tahun 2020–2024 yang menunjukkan bahwa suhu rata-rata bulanan 25,4–27,9°C mendukung keberlangsungan populasi nyamuk dan berpotensi meningkatkan insiden DBD, terutama pada periode suhu tinggi antara April hingga Oktober. Dengan demikian, kondisi iklim di wilayah ini memiliki pengaruh nyata terhadap dinamika penularan DBD.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan studi oleh Sari et al. (2022) di Jawa Tengah melaporkan bahwa peningkatan suhu rata-rata bulanan berkorelasi positif dengan kenaikan kasus DBD, terutama ketika suhu berada pada rentang optimal 26–28°C yang mendukung perkembangan vektor Aedes aegypti. Kondisi serupa juga terlihat di Sulawesi Utara, di mana suhu rata-rata 25,4–27,9°C pada periode 2020–2024 cenderung memfasilitasi penularan dengue, khususnya pada bulan-bulan dengan suhu lebih tinggi seperti April hingga Oktober. Dengan demikian, hasil ini memperkuat bukti bahwa perubahan kecil dalam suhu dapat berdampak signifikan terhadap dinamika penularan DBD di berbagai wilayah tropis Indonesia.

Curah Hujan

Hasil analisis menunjukkan bahwa curah hujan bulanan di Sulawesi Utara selama periode 2020–2024 berfluktuasi antara 2,02 mm hingga 17,36 mm, dengan puncak tertinggi terjadi pada Januari 2024 dan titik terendah pada Oktober 2023. Pola ini menggambarkan karakteristik iklim tropis dengan musim hujan yang dominan pada awal tahun dan musim kering pada pertengahan hingga akhir tahun. Tingginya curah hujan pada awal tahun berpotensi meningkatkan genangan air yang menjadi tempat ideal bagi nyamuk Aedes aegypti untuk berkembang biak, sehingga turut memperbesar risiko penularan DBD. Variabilitas curah hujan ini berperan penting dalam dinamika

epidemiologi DBD di wilayah Sulawesi Utara, terutama dalam memicu peningkatan kasus pada periode basah.

Hasil ini sejalan dengan temuan Sapulete et al. (2024) di Kabupaten Minahasa Utara, yang mengidentifikasi adanya hubungan signifikan antara curah hujan tinggi dan peningkatan kasus DBD. Penelitian tersebut menegaskan bahwa intensitas hujan yang tinggi menciptakan kondisi lingkungan yang ideal bagi vektor dengue untuk berkembang dan mempercepat siklus penularan penyakit. Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung temuan Sapulete et al. (2024) bahwa curah hujan merupakan faktor iklim utama yang memengaruhi dinamika kejadian DBD di wilayah Sulawesi Utara.

Penelitian oleh Rakhmatsani & Susanna (2024) di Kabupaten Bogor menemukan bahwa variabel iklim kelembapan ($r = 0,451$, $p = 0,0001$) dan curah hujan ($r = 0,352$, $p = 0,0001$) memiliki hubungan positif dan signifikan terhadap kejadian DBD pada lag satu bulan; sementara suhu tidak menunjukkan asosiasi signifikan ($r = -0,097$, $p = 0,297$). Temuan ini mendukung bahwa selain curah hujan, kelembapan juga dapat menjadi indikator penting dari dinamika epidemi DBD di Indonesia, memperkuat hasil di Sulawesi Utara bahwa curah hujan adalah faktor iklim kunci.

Kelembapan

Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kelembapan bulanan di Sulawesi Utara selama periode 2020–2024 berkisar antara 74,02% hingga 87,84%, dengan kelembapan tertinggi tercatat pada Februari 2022 dan terendah pada September 2023. Pola ini menunjukkan bahwa kelembapan cenderung tinggi pada awal hingga pertengahan tahun, kemudian menurun pada pertengahan hingga akhir tahun, sejalan dengan perubahan musim hujan dan kemarau. Kondisi kelembapan yang tinggi berperan penting dalam mendukung kelangsungan hidup dan aktivitas nyamuk Aedes aegypti, karena meningkatkan umur hidup dan frekuensi gigitan vektor. Variabilitas kelembapan ini berpotensi memengaruhi dinamika penularan Demam Berdarah Dengue (DBD) di wilayah Sulawesi Utara, terutama pada periode dengan kelembapan optimal bagi perkembangan nyamuk.

Tingkat kelembapan bulanan di Sulawesi Utara selama 2020–2024 berkisar 74,02%–87,84% dengan puncak pada Februari 2022 dan titik terendah pada September 2023; pola kelembapan yang relatif tinggi pada awal hingga pertengahan tahun ini selaras dengan musim hujan dan dapat memperpanjang umur hidup serta aktivitas gigitan Aedes aegypti, sehingga meningkatkan risiko penularan DBD. Temuan ini mendukung studi lokal yang mengidentifikasi hubungan antara variasi curah hujan/kelembapan dan insiden DBD di wilayah Manado, yang menegaskan peran kondisi kelembapan sebagai salah satu determinan lingkungan penting dalam dinamika epidemi dengue di Sulawesi Utara (Monintja, 2022).

Kondisi kelembapan yang relatif tinggi pada awal hingga pertengahan tahun, seperti rentang 74,02%–87,84% yang Anda laporkan (puncak Februari 2022; lembap terendah September 2023), dapat menciptakan lingkungan yang mendukung kelangsungan hidup dan perkembangbiakan nyamuk Aedes sp., sehingga meningkatkan risiko penularan DBD. Hal ini sejalan dengan laporan

outbreak berat DBD di Manado (kota besar di Sulawesi Utara) yang menelusuri pola klinis dan virologi kasus selama wabah—penelitian tersebut menegaskan pentingnya pengawasan epidemiologi dan virologi daerah untuk memahami pemicu wabah serta menunjukkan bagaimana kondisi lokal (termasuk faktor lingkungan dan musim) berperan pada peningkatan kejadian DBD. (Tatura et al., 2021).

Kecepatan Angin Hubungan Antara Variabilitas Iklim dengan Kasus DBD

Penelitian ini mendapati bahwa peningkatan curah hujan berperan utama dalam naiknya kasus DBD di Sulawesi Utara selama 2020–2024. Curah hujan tinggi menciptakan lebih banyak genangan air sebagai tempat berkembang biak nyamuk Aedes aegypti, sehingga risiko penularan meningkat. Analisis statistik melalui GLM, ARIMA, dan Monte Carlo konsisten menunjukkan hubungan nyata antara variabilitas iklim dan kasus DBD, dengan curah hujan sebagai faktor dominan dibanding suhu dan kelembapan. Temuan ini menegaskan bahwa perubahan pola iklim dapat digunakan sebagai peringatan dini untuk mencegah lonjakan kasus DBD, terutama pada musim hujan.

Studi meta-analisis oleh Kirk et al. (2024) menemukan bahwa hubungan antara suhu dan insiden DBD bersifat nonlinear—korelasi positif paling kuat terjadi pada suhu rata-rata sekitar 24,2 °C—dan efek suhu terhadap DBD dimediasi oleh faktor iklim lain serta faktor sosioekonomi. Di konteks lokal, Rakhmatsani dan Susanna (2024) dalam studi ekologi di Kabupaten Bogor tahun 2013-2022 melaporkan bahwa variabel suhu tidak berhubungan signifikan dengan kejadian DBD ($r = –0,097$, $p = 0,297$) pada lag satu bulan, sedangkan variabel kelembapan dan curah hujan menunjukkan korelasi positif signifikan.

Studi internasional menunjukkan pola non-linier antara curah hujan dan DBD: curah hujan moderat dan merata sepanjang waktu cenderung meningkatkan transmisi dengue karena menciptakan lebih banyak minggu basah yang mendukung perkembangan Aedes, sedangkan hujan ekstrem dapat menurunkan risiko lewat efek 'flushing' yang membilas tempat berkembang biak (Sophia et al., 2025). Di konteks Indonesia, analisis tren dan path-analysis di Banjarmasin menemukan bahwa curah hujan memberikan pengaruh langsung positif terhadap kejadian DHF (efek langsung ≈ 0.269), menegaskan peran curah hujan sebagai pendorong penting variabilitas musiman kasus di wilayah tropis ini (Ridha et al., 2025).

Sebuah studi internasional di Asia Tenggara yang menganalisis "warm-wet events" menunjukkan bahwa minggu-minggu dengan kombinasi suhu hangat dan kelembapan tinggi secara signifikan meningkatkan risiko dengue dibanding periode dengan kondisi sedang (RR sekitar 1,32-1,39) dibanding kondisi "cold-dry", yang menunjukkan bahwa kelembapan memperkuat efek iklim terhadap penularan DBD (Osborne et al., 2024). Di tingkat nasional, penelitian di Kota Bandung (2021-2023) menemukan bahwa meskipun variabilitas iklim secara kolektif (termasuk kelembapan) menjelaskan sebagian variasi kasus DBD ($R^2 \approx 0,245$, $p=0,018$), kelembapan sendiri

tidak menunjukkan efek individual yang signifikan dalam model regresi linier berganda, sementara suhu dan tekanan udara lebih berkorelasi kuat dengan kasus (Suciningsih et al., 2024).

Penelitian ini menegaskan bahwa variabilitas iklim, khususnya curah hujan, berperan penting dalam peningkatan kasus DBD di Sulawesi Utara selama 2020–2024. Hasil analisis GLM, ARIMA, dan Monte Carlo menunjukkan bahwa curah hujan memiliki pengaruh paling dominan dibanding suhu dan kelembapan, sejalan dengan berbagai studi nasional dan internasional yang menemukan pola hubungan nonlinier antara curah hujan dan insiden DBD. Curah hujan moderat dan merata meningkatkan risiko karena memperbanyak habitat nyamuk, sedangkan hujan ekstrem dapat menurunkannya melalui efek "flushing". Efek flushing adalah fenomena ketika curah hujan yang sangat tinggi atau bersifat ekstrem menyebabkan genangan air—yang biasanya menjadi tempat berkembang biak nyamuk Aedes aegypti terbilas atau hanyut. Sementara itu, suhu dan kelembapan berperan sebagai faktor pendukung yang memperkuat efek iklim terhadap penularan, terutama saat kondisi hangat-lembap. Temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan faktor iklim sebagai sistem peringatan dini dan dasar strategi pencegahan DBD yang adaptif terhadap perubahan iklim di wilayah tropis seperti Sulawesi Utara.

Kesimpulan

Dari riset yang telah dilakukan dan didapati bahwa Suhu, Curah Hujan dan Kelembaban memiliki hubungan dengan kasus TB di Saulawei Utara tahun 2020-2024.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada civitas akademika Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi yang telah mendukung penuh terselesaikan artikel ini. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kasih kepada penulis dua dan penulis tiga di artikel ini yang telah mendukung sepenuhnya penulis satu dalam menyelesaikan artikel ini.

Referensi

Audina, S. (2024). Gambaran pengetahuan dan sikap masyarakat tentang pemberantasan sarang nyamuk DBD di Kelurahan Palangka Kecamatan Jekan Raya Kota Palangka Raya (Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes Palangka Raya).

Badan Pusat Statistik Sulawesi Utara (BPS Sulut). (2024, Februari 20). sulut.bps.go.id. Diambil kembali dari Kasus Penyakit Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Penyakit di Provinsi Sulawesi Utara, 2024:https://sulut.bps.go.id/id/statistics-table/3/YTA1Q1ptRmhUMEpXWTBsQmQyZzBjVzgwUzB4aVp6MDkjMw==/kasus-penyakit-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-penyakit-di-provinsi-sulawesi-utara--2013.html

Canon, F.., Kalesaran, A.F.. and Malonda, N.S.. (2020) 'Hubungan Antara Kelembapan Dan Curah Hujan Terhadap Angka Kejadian Demam Berdarah Dengue (Dbd) Di Wilayah Kota Manado Tahun 2014-2018', Jurnal KESMAS, 9(1), pp. 176–181.

Dawe, M.A.., Romeo, P. and Ndoen, E. (2020) 'Pengetahuan dan Sikap Masyarakat serta Peran Petugas Kesehatan Terkait Pencegahan Demam Berdarah Dengue (DBD)', Journal of Health and Behavioral Science, 2(2), pp. 138–147. Available at: https://doi.org/10.35508/jhbs.v2i2.2283.

Fitriana, B.R. (2019) 'Hubungan Faktor Suhu Dengan Kasus Demam Berdarah Dengue (Dbd) Di

Kecamatan Sawahan Surabaya', The Indonesian Journal of Public Health, 13(1), p. 85. Available at: https://doi.org/10.20473/ijph.v13i1.2018.85-97.

Gandawari, V.T., Kaunang, W.P. and T.Ratag, B. (2018) 'Hubungan antara Variabilitas Iklim dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue di Kota Bitung Tahun 2015-2017', Jurnal KESMAS, 7(5).

Herdiansyah, D., Kusumawati, A. M., Maharani, M., Nurwulan, G., Widiyanti, T., Queentari, R., ... & Astri, T. T. (2024). Gambaran Pengetahuan Masyarakat Terhadap Pencegahan Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) Di Wilayah Kerja Puskesmas Benda Baru. AS-SYIFA: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Kesehatan Masyarakat, 5(1), 1-8.

Istiqamah, S., Arsin, A. and Sirajuddin, S. (2019) 'Average rainfall effect on dengue hemorrhagic fever in Kendari City, Indonesia in 2014-2018', EAS Journal of Parasitology and Infectious Diseases, 1(5), pp. 98–102. Available at: https://doi.org/10.36349/EASJPID.2019.v01i05.003.

Kaligis, Ratag dan Langi. (2023). Analysis of Dengue Hemorrhagic Fever Surveillance Data (2012-2021) in Indonesia. Indonesian Journal of Public Health and Preventive Medicine, 1-9.

Karyanti, M.R., Hadinegoro, S.R., Setiabudi, D., Gunardi, H. and Soedjatmiko, S. (2023) 'Temperature variation and dengue incidence in tropical regions of Indonesia', BMC Public Health, 23(1), p. 1245. DOI: 10.1186/s12889-023-16457-9.

Kemenkes. (2023, Mei). Laporan. Diambil kembali dari Data dan Informasi Dampak Perubahan Iklim Sektor Kesehatan Berbasis Bukti di Indonesia: https://www.unicef.org/indonesia/id/laporan/data-dan-informasi-dampak-perubahan-iklim-sektor-kesehatan-berbasis-bukti-di-indonesia

Kementerian Kesehatan (Kemenkes). (2022). ayosehat.kemkes. Diambil kembali dari Demam Berdarah Dengue: https://ayosehat.kemkes.go.id/topik/demam-berdarah-dengue

Kementerian Kesehatan (Kemenkes). (2024). sehatnegeriku.kemkes. Diambil kembali dari Kasus demam berdarah meningkat di Indonesia tahun 2024: https://sehatnegeriku.kemkes.go.id

Kirk, D., Straus, S., Childs, M.L., Harris, M., Couper, L., Davies, T.J., et al. (2024) 'Temperature impacts on dengue incidence are nonlinear and mediated by climatic and socioeconomic factors: A meta-analysis', PLOS Climate, 3(3), e0000152. doi:10.1371/journal.pclm.0000152.

Kulsum, A. U., Nabilah, D., Kamilina, L. Z., Nurannisa, N. S., Tampubolon, N. P., Simanjorang, C., & Amraeni, Y. (2024). Edukasi dan Observasi Jumantik sebagai Upaya Pencegahan DBD di RT 02 RW 05 Kelurahan Bedahan. Jurnal Pemberdayaan Komunitas MH Thamrin, 6(2), 170-181.

Landu, F.F., Kaunang, W.P.J., & Kawatu P.A.T. (2021). Hubungan Antara Variabilitas Iklim dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue di Kota Manado. Jurnal KESMAS, 19-26.

Mangole, D.A., Langi, F.L.F.G., Kaunang, W.P.J., Manoppo, J.I.Ch. & Nelwan, J.E. (2024) Variabilitas Iklim dan Insiden Demam Berdarah Dengue di Kabupaten Kepulauan Talaud, Indonesia: Studi Deret Waktu Ekologi (2021–2024). Jurnal Promotif Preventif, 8(3). DOI: 10.47650/jpp.v8i3.2110.

Monintja, T.C.N. (2022) 'Relationship between Rainfall and Rainy Days with Dengue Hemorrhagic Fever incidence in Manado City', Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences (online).

Nisa, N. K., Sardi, A., Zuliani, Z., Sunarti, S., & Damayanti, R. (2024). Gerakan Masyarakat Anti Jentik (Gemantik) Di Kelurahan Baning Kota Sintang. Cakrawala: Jurnal Pengabdian Masyarakat Global, 3(1), 232-243.

Palar, Mantjoro dan Asrifuddin. (2021). Analisis Faktor Perilaku Kejadian Demam Berdarah Dengue di Wilayah Kerja Puskesmas Tikala Baru. Jurnal KESMAS, 100-105.

Putri, Triwahyuni, Husna dan Sandrawati. (2020). Hubungan Faktor Suhu dan Kelembaban Dengan Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Bandar Lampung. Jurnal Analis Kesehatan, 17-23.

Rakhmatsani, L. & Susanna, D. (2024) 'Studi Ekologi Hubungan Iklim Terhadap Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kabupaten Bogor Tahun 2013-2022', Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, 23(2), pp. 207-214. DOI: 10.14710/jkli.23.2.207-214.

Ridha, M.R., Yudhastuti, R., Garjito, T.A., Hidajat, M.C., Juhairiyah, L.I., Rahayu, N. et al. (2025) 'Incidence Trend and Climate Influence on Dengue Fever in Banjarmasin, Indonesia: A Path Analysis Approach', Journal of Health Science and Medical Research, (2025). Available at: https://www.jhsmr.org/index.php/jhsmr/article/view/1231

Riyanto S, Putera A. R. (2022), 'Metode Riset Penelitian Kesehatan dan Sains, Penerbit Deepublish, Yogyakarta, diakses pada 19 Mei 2025 https://deepublishstore.com/produk/buku-metode-riset-penelitian- 2/?srsltid=AfmBOoqXEYMN02n8CYm30IVUtqlDlW1m8qbjUvx8EuaXeVM3zXq8qDqN

Rozci, F. (2024). Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian padi. Jurnal Ilmiah Sosio Agribis, 23(2), 108-116.

Sanggelorang dan Malonda. (2021). Edukasi Mengenai Pentingnya Ketahanan Pangan Rumah Tangga dan Model Pemanfataan Pekarangan pada Pengurus TP-PKK Desa Dame I. Jurnal Perempuan dan Anak Indonesia, 1-5.

Sapulete, I.M., Sapulete, M.R., Ottay, R.I., Nelwan, J.E. (2024) 'Dengue Hemorrhagic Fever in North Minahasa Regency in 2021–2022: Study Epidemiological', International Journal of Natural and Health Sciences, January 2024.

Sari, D.P., Wulandari, S. & Rahmawati, N. (2022) 'Pengaruh Suhu dan Curah Hujan terhadap Kejadian Demam Berdarah Dengue di Jawa Tengah', Jurnal Epidemiologi dan Penyakit Tropik Indonesia, 10(1), pp. 45–54.

Sophia, Y. et al. (2025) 'Dengue dynamics, predictions, and future increase under changing monsoon climate in India', Scientific Reports. doi:10.1038/s41598-025-85437-w. Nature

Sudariana, N. (2023). Analisis Statistik Regresi Linier Berganda, diakses pada 19 Mei 2025. https://seniman.nusaputra.ac.id/index.php/seniman/article/download/40/18

Tahulending, Kawatu dan Joseph. (2024). Perilaku Nyamuk Anophelessp.,Vektor Penyakit Malaria di Pulau Lembeh, Kota Bitung, Sulawesi Utara. Jurnal Bios Logos, 1-11.

Tatura, S.N.N., Denis, D., Santoso, M.S., Hayati, R.F., Kepel, B.J., Yohan, B. & Sasmono, R.T. (2021) 'Outbreak of severe dengue associated with DENV-3 in the city of Manado, North Sulawesi, Indonesia', International Journal of Infectious Diseases, 106, pp. 185–196. doi: 10.1016/j.ijid.2021.03.065.

Tuuk, R.T., Kaunang W.P.K., & Kandou G.D. (2021). Hubungan Variabilitas Iklim dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kabupaten Minahasa Utara Tahun 2017-2019. Jurnal KESMAS, 143-150.

Wang, Y., Wei, Y., Li, K., Jiang, X., Li, C., Yue, Q., et al. (2022) 'Impact of extreme weather on dengue fever infection in four Asian countries: a modelling analysis', Environment International, 169, p. 107518. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107518.

World Health Organization (WHO). (2024, April 30). who.int. Diambil kembali dari Dengue - Global situation: https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2024-DON518#:~:text=In%202024%2C%20Indonesia%20is%20experiencing,the%20same%20period%20in%202023.