

Artikel

Analisis Hotspot bagi Kes Demam Denggi di Pulau Pinang Menggunakan Pendekatan Aplikasi Sistem Maklumat Geografi (GIS)

(Hotspot Analysis of Dengue Fever Cases in Penang Using a Geographic Information System (GIS) Application Approach)

Muhammad Solihin Sohaimi & Azimah Abd Rahman*

Bahagian Geografi, Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan, 11800 Universiti Sains Malaysia,
Pulau Pinang, Malaysia

*Pengarang koresponden: azimahrahman@usm.my

Diserah: 08 Januari 2025

Diterima: 16 April 2025

Abstrak: Kes demam denggi di Pulau Pinang menunjukkan peningkatan mendadak dari tahun 2021 hingga 2023, dengan jumlah kes tertinggi direkodkan pada tahun 2023. Kajian ini menggunakan teknologi Sistem Maklumat Geografi (GIS) untuk menganalisis taburan ruang kes demam denggi dan mengenal pasti kawasan titik panas (hotspot) utama. GIS membolehkan pemetaan taburan kes dijalankan secara sistematik serta membantu mengenal pasti faktor persekitaran dan demografi yang menyumbang kepada penyebaran penyakit. Analisis statistik seperti korelasi Pearson digunakan bagi mengkaji hubungan antara pembolehubah persekitaran seperti suhu, taburan hujan, dan kepadatan penduduk terhadap bilangan kes. Hasil dapatan menunjukkan Seberang Perai Tengah mengalami peningkatan kes paling ketara, iaitu daripada 549 kes pada tahun 2022 kepada 3,100 kes pada tahun 2023. Sebaliknya, Seberang Perai Selatan mencatatkan jumlah kes yang lebih rendah dan stabil, antara 62 hingga 232 kes. Taburan kes menunjukkan bahawa taburan hujan mempunyai hubungan yang sangat kuat ($r=0.965$) dan signifikan secara statistik terhadap peningkatan kes, manakala suhu dan kepadatan penduduk menunjukkan pengaruh yang berbeza mengikut tahun. Analisis hotspot mengesahkan kepekatan kes di kawasan yang lebih urban dan padat. Kajian ini memberi panduan penting kepada pihak berkuasa kesihatan dalam merangka strategi pencegahan yang lebih terarah dan berkesan melalui pemantauan persekitaran, kawalan vektor yang bersasar serta penggunaan data GIS.

Kata kunci: Kes Demam Denggi; Pulau Pinang; GIS, korelasi; titik panas (Hotspot)

Abstract: Dengue fever cases in Penang have increased sharply from 2021 to 2023, with the highest number recorded in 2023. This study applies Geographic Information System (GIS) technology to analyze the spatial distribution of dengue cases and identify key hotspot areas. GIS enables systematic mapping of case clusters and supports the identification of environmental and demographic factors contributing to the spread of the disease. Statistical analyses, particularly Pearson correlation, were conducted to examine the relationships between environmental variables such as temperature, rainfall, and population density and case distribution. Results revealed that Seberang Perai Tengah experienced the most significant surge in cases, rising from 549 in 2022 to 3,100 in 2023. In contrast, Seberang Perai Selatan recorded relatively lower and more stable case numbers, ranging from 62 to 232 cases. The findings indicate that rainfall showed a strong ($r=0.965$) and statistically significant correlation with dengue cases, while temperature and population density exhibited varying degrees of influence across the two years. The hotspot analysis further confirms the concentration of cases in highly urbanized districts. These findings offer valuable insights for public health authorities to

develop more targeted and proactive prevention strategies, including environmental monitoring, community engagement, and focused vector control interventions using GIS-based data.

Keywords: Dengue Fever Cases, Pulau Pinang, GIS, correlation, hotspot

Pengenalan

Demam denggi merupakan penyakit bawaan vektor yang semakin membimbangkan di Malaysia, dengan 8,570 kes dilaporkan sehingga 16 Februari 2025. Penyakit ini disebabkan oleh virus denggi yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*, yang membiak di kawasan bertakungan air. Peningkatan kes dikaitkan dengan faktor persekitaran, termasuk perubahan iklim yang menyebabkan suhu dan kadar hujan tinggi, mempercepatkan pembiakan nyamuk (Kamis & Choy, 2018). Selain itu, pembangunan pesat dan urbanisasi yang tidak terancang menyumbang kepada peningkatan kawasan pembiakan nyamuk, terutamanya di tapak pembinaan dan kawasan perumahan (Nasir & Abd Majid, 2024).

Selain faktor persekitaran, faktor sosio-demografi juga mempengaruhi peningkatan kes denggi. Kepadatan penduduk di kawasan bandar memudahkan penyebaran virus, manakala tahap kesedaran masyarakat yang rendah terhadap pencegahan menyebabkan kawalan nyamuk kurang berkesan (Rosidi & Rahman, 2022). Akibatnya, pembiakan nyamuk tidak terkawal, meningkatkan risiko penularan wabak (Jamri et al., 2017). Keberkesanan kawalan vektor bergantung kepada kerjasama masyarakat dalam menghapuskan tempat pembiakan nyamuk (Isa et al., 2021). Tanpa kerjasama, langkah seperti penyemburan racun serangga menjadi kurang efektif. Selain itu, kewujudan strain virus denggi yang berbeza menyukarkan kawalan, kerana jangkitan sekunder boleh menyebabkan komplikasi serius dan meningkatkan kadar kemasukan ke hospital (Hamdan, 2010). Kementerian Kesihatan Malaysia menekankan kerjasama antara agensi kerajaan, pihak berkuasa tempatan, dan masyarakat dalam pencegahan denggi. Langkah utama termasuk gotong-royong, penghapusan tempat pembiakan nyamuk, serta kempen kesedaran (Shamsuri, 2015). Masyarakat digalakkan mengambil tindakan proaktif seperti mengelakkan air bertakung, menggunakan repelan nyamuk, dan mendapatkan rawatan segera jika bergejala. Usaha bersepadu ini bertujuan mengurangkan penularan denggi dan melindungi kesihatan awam (Guan, 2020).

Demam denggi kekal sebagai isu kesihatan awam serius di Pulau Pinang, dengan peningkatan kes dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Jabatan Kesihatan Negeri telah melaksanakan langkah kawalan seperti pemeriksaan premis, semburan kabus, penghapusan tempat pembiakan nyamuk, dan pendidikan kesihatan (Jamri et al., 2017). Sehingga 17 Disember 2022, sebanyak 484,640 premis diperiksa, dengan 905 kompaun bernilai RM452,500 dikeluarkan kepada pemilik premis yang mempunyai tempat pembiakan nyamuk *Aedes*. Peningkatan kes didorong oleh faktor persekitaran dan sosiodemografi, menjadikan pengenalanpastian kawasan berisiko tinggi penting untuk kawalan denggi yang lebih berkesan (Awang, 2010). Sistem Maklumat Geografi (GIS) adalah alat analisis spatial yang berkesan untuk mengenal pasti taburan kes denggi dan faktor persekitaran yang mempengaruhi penyebarannya (Rosidi & Rahman, 2022). Melalui analisis hotspot, GIS membantu pihak berkuasa kesihatan merancang tindakan pencegahan seperti penyemburan racun serangga dan pembersihan tempat pembiakan nyamuk (Tahir & Malek, 2017).

Selain itu, GIS membolehkan pemantauan faktor persekitaran seperti hujan, suhu, kelembapan, urbanisasi, dan kebersihan yang berkaitan dengan peningkatan kes denggi. Penggunaan GIS dalam penyelidikan memperkuat keberkesanan strategi kawalan vektor dan membantu mengatasi masalah pembiakan nyamuk secara lebih terarah (Judijanto et al., 2024). GIS membantu merancang kawalan vektor yang lebih berkesan dengan mengenal pasti kawasan berisiko untuk penyemburan racun serangga, pembersihan pembiakan nyamuk, dan kempen kesedaran (Tahir & Malek, 2017). Integrasi GIS dengan teknologi pintar seperti data masa nyata dan analisis media sosial meningkatkan pemantauan serta tindak balas terhadap wabak, membolehkan pihak berkuasa bertindak lebih cepat dan efisien (Ismail, 2017). Kajian ini bertujuan menganalisis taburan kes demam denggi di Pulau Pinang menggunakan GIS untuk memahami penyebaran wabak dan merancang strategi mitigasi yang berkesan.

Sorotan Literatur

Demam denggi adalah penyakit bawaan vektor yang serius, terutama di kawasan tropika seperti Malaysia. Pulau Pinang mengalami peningkatan kes yang dipengaruhi oleh faktor persekitaran, sosioekonomi, dan perubahan iklim. GIS digunakan untuk menganalisis hotspot, memetakan risiko, dan merancang kawalan penyakit. Analisis Getis-Ord Gi membantu mengenal pasti kawasan panas (hotspot) yang memerlukan intervensi segera. Kajian menunjukkan bahawa pola hotspot kes denggi berubah mengikut musim, penggunaan tanah, dan kepadatan penduduk, dengan kawasan urbanisasi tinggi lebih berisiko akibat pengurangan kawasan hijau yang menggalakkan pembiakan nyamuk *Aedes* (Dom et al., 2018). Teknologi GIS membolehkan pengumpulan dan pemetaan data kesihatan secara efektif serta analisis ruang untuk mengenal pasti pola penyebaran penyakit. Menurut Musa et al. (2020), GIS digunakan dalam kajian demam denggi bagi mengenal pasti kawasan berisiko tinggi berdasarkan data spatial dan temporal. Analisis ini menghubungkan kes denggi dengan faktor persekitaran seperti suhu, kelembapan, dan kepadatan penduduk, membantu dalam perancangan strategik kawalan vektor. Maklumat yang diperoleh dapat digunakan untuk mengoptimumkan sumber dalam penyemburan insektisida, penghapusan tempat pembiakan nyamuk, dan kempen kesedaran awam, meningkatkan keberkesanan pengurusan wabak.

Dalam konteks Malaysia, beberapa kajian menunjukkan bahawa gabungan GIS dengan kaedah statistik seperti spatial autocorrelation dan kernel density estimation (KDE) mampu meningkatkan ketepatan dalam mengenal pasti hotspot denggi (Mohd et al., 2019). Penyebaran demam denggi dipengaruhi oleh faktor persekitaran, demografi, dan perubahan iklim. Suhu, hujan, dan kelembapan memainkan peranan penting dalam pembiakan nyamuk *Aedes*, dengan musim hujan meningkatkan takungan air dan musim panas mempercepatkan kitaran hidup nyamuk (Tan et al., 2022). Pulau Pinang, yang memiliki kepadatan penduduk tinggi dan urbanisasi pesat, mengalami peningkatan kawasan pembiakan nyamuk, terutama di kawasan berpenduduk padat (Chong et al., 2017). Kawasan dengan taraf sosioekonomi rendah juga berisiko tinggi akibat sistem pembuangan sampah yang kurang teratur. Perbezaan antara kawasan bandar dan luar bandar turut mempengaruhi keberkesanan kawalan denggi (Liew et al., 2020). Pulau Pinang merupakan antara negeri dengan kadar insiden demam denggi yang tinggi di Malaysia. Kajian oleh Chong et al. (2017) menunjukkan bahawa kawasan Timur Laut Pulau Pinang sering mengalami kadar kes yang tinggi berbanding kawasan lain.

Peningkatan penduduk dan pembangunan kawasan pembinaan menyumbang kepada peningkatan kes denggi dengan menyediakan lebih banyak habitat untuk pembiakan nyamuk *Aedes* (Rosidi & Rahman, 2022). Tapak pembinaan terbengkalai dan sistem saliran yang tidak teratur sering menjadi tempat takungan air. Cuaca lembap dan panas sepanjang tahun juga mempercepatkan kitaran hidup nyamuk dan replikasi virus denggi (Kamis & Choy, 2018). Selain itu, mobiliti penduduk yang tinggi, terutama di kawasan bandar, meningkatkan risiko penyebaran virus, kerana individu yang dijangkiti boleh membawa virus ke lokasi lain tanpa disedari (Sholehah, 2017). Gabungan pelbagai faktor menjadikan kawalan denggi lebih mencabar, memerlukan pendekatan sistematik dan berkesan. Kajian terdahulu menunjukkan bahawa analisis hotspot menggunakan GIS berkesan dalam mengenal pasti kawasan berisiko tinggi (Nor & Er, 2016). Faktor cuaca, kepadatan penduduk, dan perubahan landskap turut mempengaruhi penyebaran penyakit. Oleh itu, kajian ini meneroka pola taburan kes denggi di Pulau Pinang menggunakan GIS bagi mempertingkatkan usaha kawalan dan pencegahan secara lebih sistematik.

Metodologi Kajian

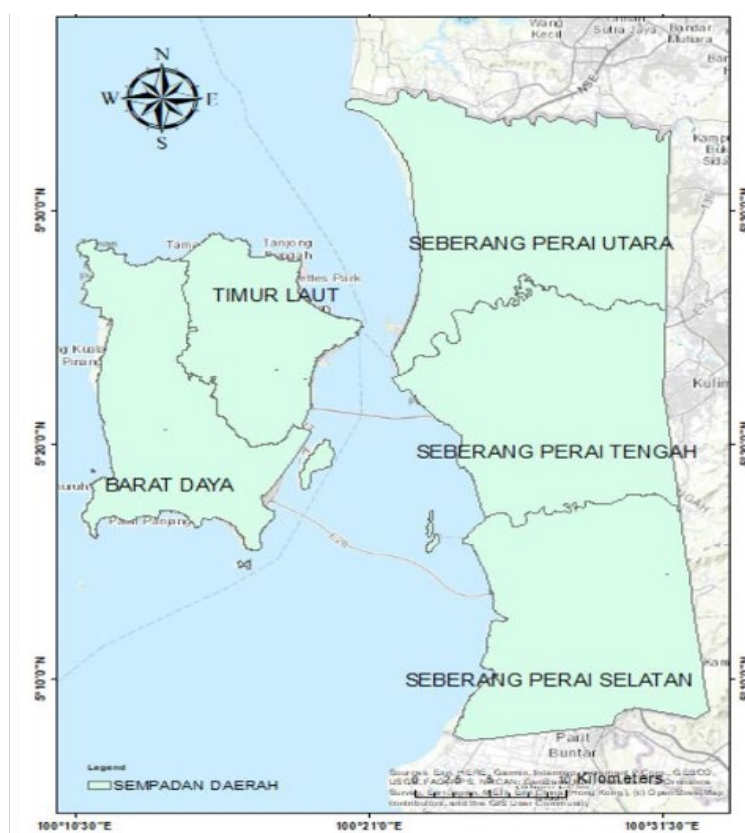
1. Kawasan kajian

Kawasan kajian yang dipilih dalam kajian ini adalah merangkumi 5 kawasan utama sekitar Pulau Pinang dan Seberang Perai iaitu;

- i. Seberang Perai Utara
- ii. Seberang Perai Tengah
- iii. Seberang Perai Selatan
- iv. Timur Laut
- v. Barat Daya

Lima kawasan kajian dipilih berdasarkan faktor epidemiologi, geografi, dan demografi, merangkumi Seberang Perai Utara, Seberang Perai Tengah, Seberang Perai Selatan, Timur Laut, dan Barat Daya. Seberang

Perai Tengah dan Timur Laut mewakili kawasan bandar yang padat penduduk, manakala kawasan lain lebih bersifat luar bandar. Seberang Perai Tengah dan Timur Laut sering mencatat kes denggi tertinggi, menjadikannya tumpuan utama kajian. Kajian ini membandingkan pola taburan kes antara kawasan bandar dan luar bandar, membantu memahami kesan pembangunan infrastruktur, sanitasi, dan kesedaran masyarakat terhadap risiko penularan penyakit. Faktor persekitaran dan perubahan iklim turut mempengaruhi penyebaran demam denggi. Kawasan pertanian seperti Seberang Perai Selatan dan Barat Daya mungkin menyediakan habitat pembiakan nyamuk Aedes yang berbeza daripada kawasan bandar. Kajian di kawasan ini membantu memahami hubungan antara curahan hujan, kelembapan, dan suhu dengan jumlah kes denggi. Selain itu, pemilihan kawasan ini membolehkan penilaian terhadap keberkesanan langkah kawalan seperti semburan kabus, penggunaan larvasida, dan kempen kesedaran kesihatan dalam mengawal penularan penyakit. Pemilihan lima kawasan ini memberikan gambaran menyeluruh tentang taburan kes denggi di Pulau Pinang. Kajian ini membantu mengenal pasti faktor risiko utama serta merangka strategi pencegahan dan kawalan yang lebih berkesan berdasarkan keperluan setiap kawasan (Rajah 1).



Rajah 1. Kawasan kajian

2. Proses Pengumpulan Data

Kajian ini menggunakan data kes Demam Denggi yang dilaporkan mengikut minggu epidemik dari minggu pertama hingga minggu ke-52 bagi tahun 2022 dan 2023. Data ini dikategorikan mengikut lokaliti dan kawasan masing-masing. Pemilihan tahun 2022 dan 2023 dibuat kerana kedua-duanya mempunyai data lengkap serta sesuai untuk menilai impak pasca Covid-19 terhadap peningkatan kes Demam Denggi. Selain itu, data sokongan diperoleh daripada Portal Jabatan Kesihatan Negeri Pulau Pinang, dokumen Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM), serta bahan penerbitan seperti keratan akhbar, jurnal, artikel, kertas seminar, buku, dan sumber internet. Data ini digunakan dalam pemetaan taburan kes serta analisis faktor-faktor penularan Demam Denggi di Negeri Pulau Pinang.

3. Teknik dan Pendekatan Analisis Kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan ruangan dan analisis statistik untuk mengenal pasti corak taburan kes Demam Denggi di Pulau Pinang serta hubungan faktor kajian terhadap peningkatan kes. Perisian utama yang

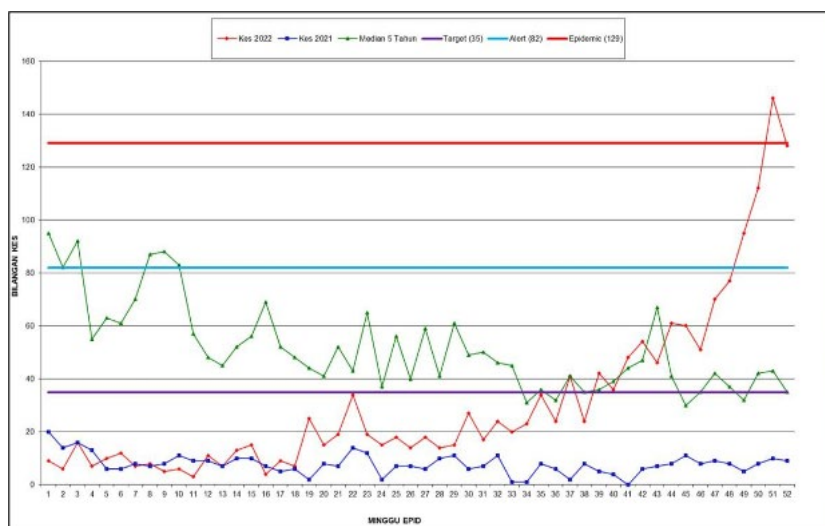
digunakan ialah SPSS, Microsoft Excel 2016, dan ArcGIS 10.8. Analisis korelasi Pearson dalam SPSS digunakan untuk menilai kekuatan pengaruh setiap faktor terhadap kepadatan kes. Pendekatan ruangan pula melibatkan analisis titik panas (Hotspot Analysis) bagi mengenal pasti kawasan dengan jumlah kes tertinggi dan terendah melalui pemetaan.

Hasil Kajian

1. Trend Perubahan Bilangan Kes Demam Denggi Di Negeri Pulau Pinang Bagi Tahun 2021 dan 2022

Analisis graf menunjukkan peningkatan ketara dalam kes Demam Denggi di Pulau Pinang pada tahun 2022 berbanding 2021. Kes tahun 2022 melonjak drastik selepas minggu ke-40, manakala kes tahun 2021 kekal stabil dan lebih rendah daripada median lima tahun. Peningkatan ini mencapai kemuncak pada minggu ke-50 dengan hampir 150 kes.

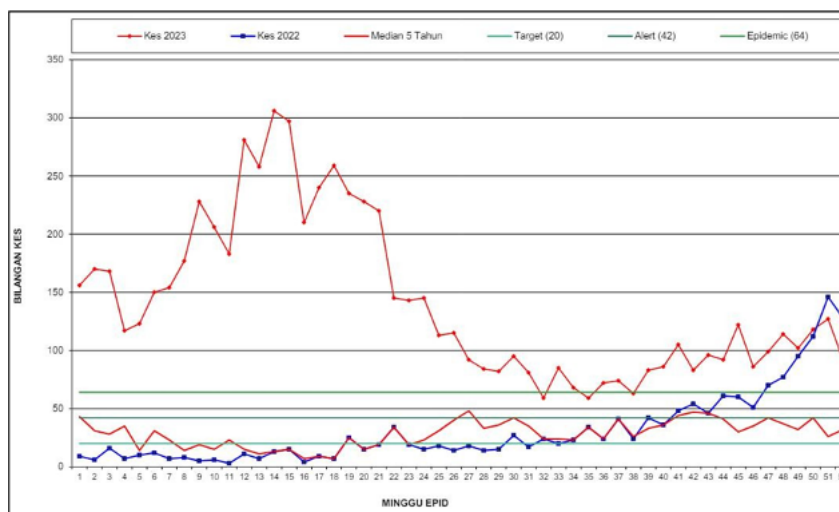
Selain itu, tahap epidemik dicapai pada minggu ke-49 apabila kes melebihi ambang 129, menandakan situasi kritikal. Corak peningkatan kes menunjukkan lonjakan mendadak sekitar minggu ke-44, berkemungkinan disebabkan oleh faktor seperti perubahan cuaca, peningkatan pembiakan nyamuk Aedes, atau kelemahan kawalan (Rajah 2).



Rajah 2. Trend Peningkatan Kes Demam Denggi Di Negeri Pulau Pinang Bagi Tahun 2021 dan 2022
Sumber: Jabatan Kesihatan Negeri Pulau Pinang (2024)

Peningkatan kes Demam Denggi di Pulau Pinang pada tahun 2022 memberi kesan serius terhadap kesihatan awam. Ia menambah tekanan kepada sistem kesihatan, menyebabkan kekurangan katil, tenaga kerja, dan bekalan perubatan, serta meningkatkan beban petugas kesihatan (Ekonomi, 2016). Selain itu, kadar jangkitan tinggi meningkatkan risiko komplikasi bagi golongan berisiko seperti kanak-kanak, warga emas, dan pesakit kronik. Penyebaran meluas virus Denggi juga boleh membawa kepada kes Demam Denggi teruk (DHF), yang berisiko menyebabkan kematian jika tidak dirawat segera (Nasir & Abd Majid, 2024).

Peningkatan kes Demam Denggi memerlukan kawalan vektor yang lebih agresif seperti semburan nyamuk, pemantauan persekitaran, dan kempen kesedaran, yang meningkatkan kos pencegahan serta membebankan kerajaan (Guan, 2020). Dari segi sosial dan ekonomi, lonjakan kes menjejaskan produktiviti akibat cuti sakit dan mengurangkan aktiviti ekonomi di zon wabak (Talib, 2019). Oleh itu, pendekatan menyeluruh yang melibatkan pihak berkuasa, komuniti, dan sektor swasta diperlukan untuk mengawal penularan dan mengurangkan kesan terhadap kesihatan awam. Kes Demam Denggi di Pulau Pinang menunjukkan perbezaan ketara antara tahun 2022 dan 2023. Pada tahun 2023, kes jauh lebih tinggi, terutama dalam separuh pertama tahun, dengan puncak antara minggu ke-14 hingga ke-17 melebihi 300 kes seminggu sebelum menurun selepas minggu ke-20. Sebaliknya, kes pada tahun 2022 lebih stabil dan hanya meningkat selepas minggu ke-40. Berbanding median lima tahun, kes 2023 berada jauh di atas paras median, menunjukkan wabak yang lebih besar dan serius berbanding 2022 (Rajah 3).



Rajah 3. Trend Peningkatan Kes Demam Denggi Di Negeri Pulau Pinang Bagi Tahun 2022 dan 2023
Sumber: Jabatan Kesihatan Negeri Pulau Pinang (2024)

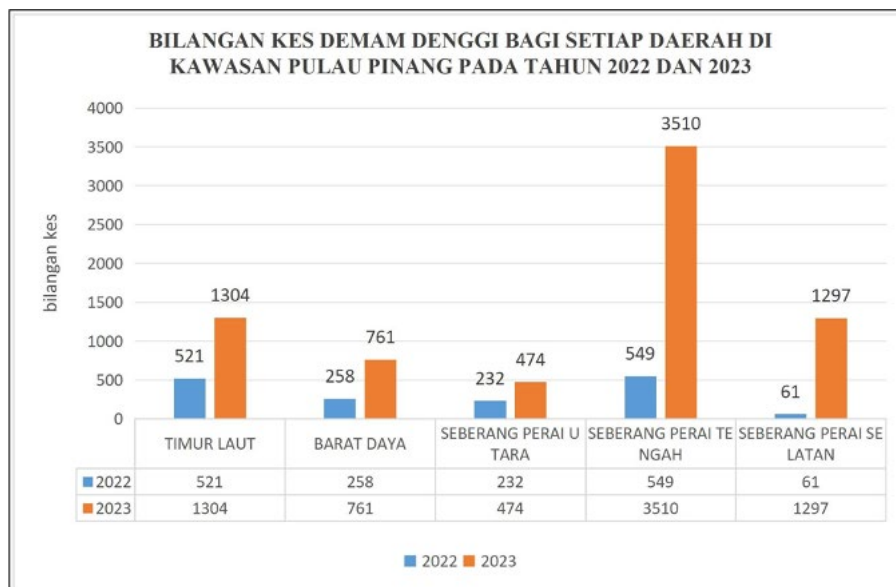
Tahap amaran dan epidemik menjadi penanda penting dalam trend peningkatan kes Demam Denggi. Pada tahun 2023, kes melebihi tahap epidemik sepanjang separuh pertama tahun dan mencapai puncak antara minggu ke-14 hingga ke-17 sebelum menurun secara beransur-ansur. Sebaliknya, kes 2022 hanya melepasi tahap epidemik selepas minggu ke-45, dengan lonjakan ketara hingga minggu ke-52. Menjelang penghujung tahun, kes bagi kedua-dua tahun meningkat, dengan kes 2022 menghampiri jumlah kes 2023. Analisis corak peningkatan kes Demam Denggi di Pulau Pinang bagi 2022 dan 2023 menunjukkan perbezaan ketara. Pada 2022, kes meningkat perlahan sepanjang tahun dan hanya melonjak selepas Minggu Epidemiologi (ME) ke-40, dengan peningkatan berterusan hingga akhir tahun. Sebaliknya, pada 2023, lonjakan drastik berlaku sejak awal tahun, mencapai kemuncak antara ME ke-14 hingga ke-17 sebelum menurun secara beransur-ansur, namun kembali meningkat menjelang penghujung tahun (idengue 2023).

Perubahan cuaca dan musim memainkan peranan penting dalam penularan Demam Denggi di Malaysia. Peningkatan suhu dan kelembapan mempercepatkan kitaran hidup nyamuk *Aedes* serta replikasi virus. Selain itu, hujan lebat meningkatkan tempat pembiakan sementara, manakala kemarau mendorong nyamuk mencari habitat alternatif seperti takungan air buatan manusia (Er et al., 2011). Keberkesanan kawalan denggi bergantung pada tindakan pihak berkuasa kesihatan dan kerjasama komuniti. Pelan Strategik Pencegahan dan Kawalan Denggi Kebangsaan 2022-2026 menekankan pengurusan vektor bersepadu, termasuk surveilans penyakit, kawalan fizikal, kimia, dan biologi, serta pemerkasaan komuniti. Kegagalan pelaksanaan yang konsisten boleh menyebabkan peningkatan kes (Noor et al., 2023). Peningkatan pergerakan penduduk dan aktiviti sosial selepas pelonggaran sekatan pergerakan meningkatkan risiko penularan denggi. Pergerakan antara kawasan endemik dan bukan endemik boleh menyebarkan virus, manakala perhimpunan ramai meningkatkan pendedahan kepada gigitan nyamuk *Aedes*. Oleh itu, kesedaran masyarakat dan penglibatan dalam kawalan vektor adalah penting untuk mengurangkan risiko penularan (Sobian, 2021).

Kerajaan meningkatkan akses kepada pengesanan, diagnosis, dan rawatan denggi bagi mengurangkan komplikasi dan kadar kematian. Langkah ini meliputi penyediaan kemudahan kesihatan, latihan petugas perubatan, serta kempen kesedaran untuk mendorong masyarakat mendapatkan rawatan segera. Penglibatan aktif masyarakat memperkuat usaha pencegahan denggi melalui aktiviti pemusnahan tempat pembiakan nyamuk seperti gotong-royong dan penghapusan takungan air. Kempen pendidikan kesihatan juga meningkatkan kesedaran individu tentang peranan mereka dalam membendung penularan. Kerjasama pihak berkuasa dan masyarakat diharapkan dapat mengawal kadar jangkitan dengan lebih berkesan (Nasir & Abd Majid, 2024).

2. Perbandingan Kes Kumulatif Demam Denggi Bagi Setiap Daerah Di Pulau Pinang Bagi Tahun 2022 dan 2023

Peningkatan kes Demam Denggi di Pulau Pinang pada tahun 2023 adalah sangat ketara, terutama di kawasan berpenduduk padat. Seberang Perai Tengah mencatat jumlah kes tertinggi dengan 3,510 kes, meningkat drastik daripada 549 kes pada tahun 2022. Seberang Perai Selatan juga mengalami lonjakan besar daripada 61 kes kepada 1,297 kes. Selain itu, Timur Laut menunjukkan peningkatan daripada 521 kes kepada 1,304 kes, manakala Barat Daya naik daripada 258 kes kepada 761 kes. Seberang Perai Utara mencatat peningkatan lebih sederhana, daripada 232 kes kepada 474 kes (Rajah 4).



Rajah 4. Bilangan Kes Kumulatif Demam Denggi Mengikut Daerah Di Sekitar Pulau Pinang Pada Tahun 2022 Dan 2023
Sumber: Jabatan kesihatan Negeri Pulau Pinang (2024)

Peningkatan kes demam denggi di Pulau Pinang pada 2023, terutama di kawasan padat seperti Seberang Perai Tengah dan Selatan, dikaitkan dengan kepadatan penduduk yang tinggi, yang menyediakan lebih banyak perumah bagi nyamuk *Aedes* menyebarkan virus (Kusumawati & Sukendra, 2020). Sikap sambil lewa terhadap kebersihan, perubahan cuaca yang tidak menentu, dan peningkatan pergerakan penduduk selepas pandemik COVID-19 telah menyumbang kepada peningkatan kes denggi (Basir et al., 2020). Takungan air yang tidak diurus menjadi tempat pembiakan nyamuk, manakala hujan kerap mempercepat penyebaran virus (Nasir & Abd Majid, 2024). Oleh itu, kawalan vektor yang ketat, pendidikan kesihatan, dan kerjasama komuniti amat diperlukan untuk mengawal wabak ini.

3. Hubungan Korelasi Antara Taburan Bilangan Kes Demam Denggi Dengan Faktor yang Berkaitan Bagi Tahun 2022

Hubungan Kepadatan Penduduk

Hasil analisis menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara bilangan kes Demam Denggi dengan kepadatan penduduk bagi tahun 2022. Nilai pekali korelasi Pearson (r) antara bilangan kes Demam Denggi dan kepadatan penduduk ialah 0.884, menunjukkan hubungan yang sangat kuat dan positif antara kedua-dua pembolehubah (Jadual 1). Ini bermakna, semakin tinggi kepadatan penduduk di sesuatu kawasan, semakin tinggi bilangan kes Demam Denggi yang direkodkan. Nilai Sig. (2-tailed) = 0.047, yang berada di bawah paras signifikan 0.05, menunjukkan bahawa hubungan ini adalah bermakna secara statistik.

Jadual 1. Keputusan Ujian Korelasi Pearson Bagi Melihat Hubungan Antara Bilangan Kes Demam Denggi Dengan Kepadatan Penduduk Bagi Tahun 2022

Bilangan Kes Demam Denggi		Kepadatan Penduduk (000')	
Bilangan Kes Demam Denggi	Pearson Correlation	1	.884*
	Sig. (2-Tailed)		.047
	N	5	5
Kepadatan Penduduk (000')	Pearson Correlation	.884*	1
	Sig. (2-Tailed)	.047	
	N	5	5

Kawasan berpenduduk padat seperti Seberang Perai Tengah, Timur Laut, dan Barat Daya mencatatkan kes denggi yang tinggi, menunjukkan kepadatan penduduk sebagai faktor utama penularan (Rosidi & Rahman, 2022). Faktor persekitaran seperti perumahan bertingkat, longkang tersumbat, dan tempat pembiakan nyamuk *Aedes* turut menyumbang kepada peningkatan kes. Selain itu, mobiliti penduduk yang tinggi di kawasan bandar mempercepatkan penyebaran virus denggi (Kamis & Choy, 2018). Analisis statistik dan taburan kes di Pulau Pinang menunjukkan bahawa kepadatan penduduk merupakan faktor utama dalam peningkatan kes Demam Denggi. Terdapat hubungan yang kuat dan signifikan secara statistik, membuktikan bahawa kawasan berpopulasi padat lebih berisiko mengalami wabak denggi.

Hubungan dengan Perubahan Suhu

Berdasarkan Jadual 2, terdapat hubungan positif antara bilangan kes Demam Denggi dengan suhu bagi tahun 2022. Nilai pekali korelasi Pearson (r) ialah 0.774, menunjukkan hubungan yang kuat dan positif antara suhu dan bilangan kes Demam Denggi. Ini bermakna, apabila suhu meningkat, bilangan kes Demam Denggi juga cenderung meningkat. Namun, nilai Sig. (2-tailed) = 0.125 adalah lebih tinggi daripada paras signifikan 0.05, menunjukkan bahawa hubungan ini tidak signifikan secara statistik. Dengan kata lain, walaupun terdapat korelasi yang kuat antara suhu dan bilangan kes Demam Denggi, hubungan ini mungkin berlaku secara kebetulan dan tidak boleh dianggap sebagai faktor utama yang menyumbang kepada peningkatan kes.

Jadual 2. Keputusan Ujian Korelasi Pearson Antara Bilangan Kes Demam Denggi Dengan Suhu (°C) Bagi Tahun 2022

Bilangan Kes Demam Denggi		Suhu (°C)	
Bilangan Kes Demam Denggi	Pearson Correlation	1	.774**
	Sig. (2-Tailed)		.125
	N	5	5
Suhu (°C)	Pearson Correlation	.774**	1
	Sig. (2-Tailed)	.125	
	N	5	5

Analisis kesihatan awam menunjukkan bahawa suhu mempunyai korelasi positif yang kuat ($r = 0.774$) dengan peningkatan kes Demam Denggi, tetapi bukan satu-satunya faktor utama. Suhu tinggi mempercepatkan kitaran hidup nyamuk *Aedes* dan replikasi virus, meningkatkan risiko penyebaran jangkitan kepada manusia (Lema et al., 2021). Walaupun terdapat korelasi kuat antara suhu dan kes Demam Denggi, nilai Sig. (2-tailed) yang lebih tinggi daripada 0.05 (0.125) menunjukkan hubungan ini tidak signifikan secara statistik. Ini bermakna peningkatan kes mungkin dipengaruhi oleh faktor lain seperti kepadatan penduduk dan curahan hujan. Oleh itu, langkah kawalan denggi perlu mengambil pendekatan menyeluruh termasuk pengurusan persekitaran, kawalan vektor yang ketat, dan peningkatan kesedaran masyarakat (Sutriyawan et al., 2022).

Hubungan Curahan Hujan

Berdasarkan jadual 3 ujian korelasi Pearson antara bilangan kes Demam Denggi dengan jumlah curahan hujan bagi tahun 2022, didapati bahawa terdapat hubungan yang sangat kuat dan positif antara kedua-dua pembolehubah tersebut. Nilai pekali korelasi Pearson (r) ialah 0.965, yang menunjukkan bahawa peningkatan

jumlah curahan hujan cenderung menyebabkan peningkatan bilangan kes Demam Denggi. Selain itu, nilai Sig. (2-tailed) = 0.008, yang lebih kecil daripada 0.05, membuktikan bahawa hubungan ini adalah signifikan secara statistik. Ini bermaksud bahawa terdapat bukti.

Jadual 3. Keputusan Ujian Korelasi Antara Bilangan Kes Demam Denggi Dengan Jumlah Curahan Hujan (mm) Bagi Tahun 2022

Bilangan Kes Demam Denggi		Jumlah Curahan Hujan (Mm)	
Bilangan Kes Demam Denggi	Pearson Correlation	1	.965**
	Sig. (2-Tailed)		.008
	N	5	5
Jumlah Curahan Hujan (Mm)	Pearson Correlation	.965**	1
	Sig. (2-Tailed)	.008	
	N	5	5

Analisis menunjukkan bahawa jumlah curahan hujan mempunyai hubungan positif yang hampir sempurna dengan peningkatan kes Demam Denggi pada tahun 2022 ($r = 0.965$). Nilai Sig. (2-tailed) yang signifikan (0.008) mengesahkan bahawa hujan merupakan faktor utama penyumbang kepada peningkatan kes. Hujan yang kerap mewujudkan lebih banyak tempat pembiakan nyamuk Aedes, seperti takungan air di longkang, pasu bunga, tayar terbuang, dan bekas air bertakung selepas hujan (Sholehah, 2017). Dapatan ini menegaskan kepentingan langkah pencegahan yang lebih ketat, terutama semasa musim hujan (Nor & Er, 2016). Pihak berkuasa kesihatan perlu memperkukuh kawalan vektor melalui pemantauan, gotong-royong membersihkan kawasan berisiko, penggunaan larvasida, dan kempen kesedaran masyarakat. Kerjasama antara kerajaan, pihak berkuasa tempatan, dan komuniti amat diperlukan bagi mengurangkan kes denggi, terutama dalam tempoh hujan lebat yang berpanjangan (Nasir & Abd Majid, 2024).

4. Hubungan Korelasi Antara Taburan Bilangan Kes Demam Denggi Dengan Faktor Yang Berkaitan Bagi Tahun 2023

Hubungan Kepadatan Penduduk Tahun 2023

Ujian korelasi Pearson antara bilangan kes Demam Denggi dengan kepadatan penduduk bagi tahun 2023, didapati bahawa nilai pekali korelasi Pearson (r) ialah 0.338. Ini menunjukkan hubungan yang lemah tetapi positif antara kepadatan penduduk dan bilangan kes Demam Denggi (Jadual 4). Dengan kata lain, peningkatan kepadatan penduduk mungkin dikaitkan dengan peningkatan bilangan kes Demam Denggi, tetapi hubungan ini tidak begitu kuat. Walau bagaimanapun, nilai Sig. (2-tailed) = 0.578, yang lebih besar daripada 0.05, menunjukkan bahawa hubungan ini tidak signifikan secara statistik (Jadual 4).

Jadual 4. Keputusan Ujian Korelasi Pearson Bagi Melihat Hubungan Antara Bilangan Kes Demam Denggi Dengan Kepadatan Penduduk 2023

Bilangan Kes Demam Denggi		Kepadatan Penduduk (000')	
Bilangan Kes Demam Denggi	Pearson Correlation	1	.338*
	Sig. (2-Tailed)		.578
	N	5	5
Kepadatan Penduduk (000')	Pearson Correlation	.338*	1
	Sig. (2-Tailed)	.578	
	N	5	5

Kajian ini selari dengan penyelidikan terdahulu yang menunjukkan kepadatan penduduk tidak mempunyai hubungan signifikan dengan jumlah kes denggi. Sebaliknya, faktor persekitaran seperti kewujudan tempat pembiakan nyamuk, kawasan pembinaan, longkang tersumbat, dan sistem pembuangan sampah yang tidak teratur lebih mempengaruhi penularan penyakit ini (Phung et al., 2019; Liew et al., 2020). Kes denggi yang tinggi di kawasan kurang padat seperti Seberang Perai Selatan pada tahun 2023 menunjukkan bahawa kepadatan penduduk bukan satu-satunya faktor penularan wabak. Faktor persekitaran, taburan hujan, dan suhu memainkan peranan lebih signifikan dalam peningkatan kes. Oleh itu, strategi pencegahan harus

menumpukan kepada kawalan nyamuk dan pengurusan persekitaran, bukan sekadar tahap kepadatan penduduk.

Hubungan Suhu Dan Kes Demam Denggi Tahun 2023

Hubungan antara bilangan kes Demam Denggi dengan suhu ($^{\circ}\text{C}$) bagi tahun 2023 menunjukkan, nilai pekali korelasi Pearson (r) adalah 0.672 (Jadual 5). Ini menunjukkan hubungan yang sederhana kuat dan positif antara suhu dan bilangan kes Demam Denggi. Dengan kata lain, apabila suhu meningkat, bilangan kes Demam Denggi juga cenderung meningkat. Namun, nilai Sig. (2-tailed) = 0.214, yang lebih besar daripada 0.05, menunjukkan bahawa hubungan ini tidak signifikan secara statistik. Ini bermaksud tiada bukti kukuh untuk menyatakan bahawa suhu secara langsung mempengaruhi bilangan kes Demam Denggi pada tahun 2023.

Jadual 5. Keputusan Ujian Korelasi Pearson Antara Bilangan Kes Demam Denggi Dengan Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Bagi Tahun 2023

Bilangan Kes Demam Denggi		Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	
Bilangan Kes Demam Denggi	Pearson Correlation	1	.672**
	Sig. (2-Tailed)		.214
	N	5	5
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Pearson Correlation	.672**	1
	Sig. (2-Tailed)	.214	
	N	5	5

Walaupun hubungan antara suhu dan kes denggi tidak signifikan secara statistik, analisis menunjukkan hubungan sederhana kuat dan positif. Suhu tinggi berpotensi mempercepatkan replikasi virus dalam nyamuk, meningkatkan risiko penularan, terutama di kawasan tropika seperti Malaysia (Omar et al., 2023). Oleh itu, faktor suhu perlu dipertimbangkan dalam strategi pencegahan dan kawalan denggi, terutamanya dalam menghadapi perubahan iklim global (Muis, 2020). Walaupun hubungan antara suhu dan kes denggi tidak signifikan secara statistik, perubahan suhu ekstrem masih boleh menjadi faktor risiko. Oleh itu, sistem amaran awal perlu diperkukuh dengan menjadikan suhu sebagai petunjuk bagi langkah pencegahan awal, terutama semasa musim panas atau kemarau, bagi mengelakkan peningkatan kes secara mendadak.

Strategi kawalan vektor perlu disesuaikan dengan perubahan suhu bagi memastikan keberkesanannya. Dalam tempoh suhu tinggi, pemantauan dan kawalan nyamuk perlu dipertingkatkan melalui penggunaan larvasida, semburan kabus, serta peningkatan kesedaran masyarakat (Nasir & Abd Majid, 2024). Namun, memandangkan suhu sahaja tidak menunjukkan hubungan signifikan dengan peningkatan kes, faktor lain seperti curahan hujan dan kepadatan penduduk mungkin lebih berperanan. Oleh itu, analisis menyeluruh diperlukan bagi memahami interaksi faktor-faktor ini dalam penularan denggi, supaya strategi pencegahan dapat dirancang dengan lebih berkesan (Kamis & Choy, 2018).

Kajian lanjut mengenai hubungan antara suhu dan demam denggi perlu diteruskan bagi menentukan ambang suhu yang meningkatkan risiko penularan. Ini dapat membantu pihak berkuasa kesihatan merangka dasar kawalan yang lebih berkesan. Walaupun hubungan antara suhu dan kes denggi tidak signifikan secara statistik, suhu panas masih berpotensi mempercepatkan replikasi virus dalam nyamuk, meningkatkan risiko penularan, terutamanya di kawasan tropika seperti Malaysia (Omar et al., 2023). Oleh itu, pendekatan holistik dan strategi pencegahan yang lebih mampan diperlukan untuk mengurangkan risiko denggi dalam jangka panjang (Muis, 2020). Walaupun hubungan suhu dan kes denggi tidak signifikan secara statistik, perubahan suhu ekstrem masih boleh menjadi faktor risiko. Oleh itu, sistem amaran awal perlu diperkukuh dengan menjadikan suhu sebagai petunjuk bagi langkah pencegahan, terutama semasa musim panas atau kemarau. Pemantauan rapi membolehkan tindakan awal diambil untuk mengelakkan peningkatan kes secara mendadak.

Strategi kawalan vektor perlu disesuaikan dengan perubahan suhu untuk memastikan keberkesanannya. Ketika suhu tinggi, pemantauan dan kawalan nyamuk perlu dipertingkatkan melalui penggunaan larvasida, semburan kabus, dan kesedaran masyarakat (Kamis & Choy, 2018). Namun, kerana suhu sahaja tidak menunjukkan hubungan signifikan dengan peningkatan kes, faktor lain seperti curahan hujan dan kepadatan penduduk perlu dikaji lebih lanjut. Kajian jangka panjang dapat membantu menentukan

ambang suhu yang meningkatkan risiko penularan, membolehkan pihak berkuasa merangka dasar pengawalan yang lebih efektif dan mampan (Nasir & Abd Majid, 2024).

Hubungan Bilangan Kes Dan Curahan Hujan Tahun 2023

Berdasarkan keputusan ujian korelasi Pearson bagi tahun 2023 antara bilangan kes Demam Denggi dan jumlah curahan hujan (mm), didapati bahawa nilai pekali korelasi Pearson (r) adalah 0.659. Ini menunjukkan wujudnya hubungan positif sederhana kuat antara jumlah hujan dan bilangan kes Demam Denggi, yang bermaksud apabila jumlah curahan hujan meningkat, bilangan kes Demam Denggi juga cenderung meningkat. Walau bagaimanapun, nilai Sig. (2-tailed) yang diperoleh adalah 0.227, iaitu lebih besar daripada 0.05, menunjukkan bahawa hubungan ini tidak signifikan secara statistik (Jadual 6).

Jadual 6. Keputusan Ujian Korelasi Antara Bilangan Kes Demam Denggi Dengan Jumlah Curahan Hujan (mm) Bagi Tahun 2023

Bilangan Kes Demam Denggi		Jumlah Curahan Hujan (Mm)	
Bilangan Kes Demam Denggi	Pearson Correlation	1	.659*
	Sig. (2-Tailed)		.227
	N	5	5
Jumlah Curahan Hujan (Mm)	Pearson Correlation	.659*	1
	Sig. (2-Tailed)	.227	
	N	5	5

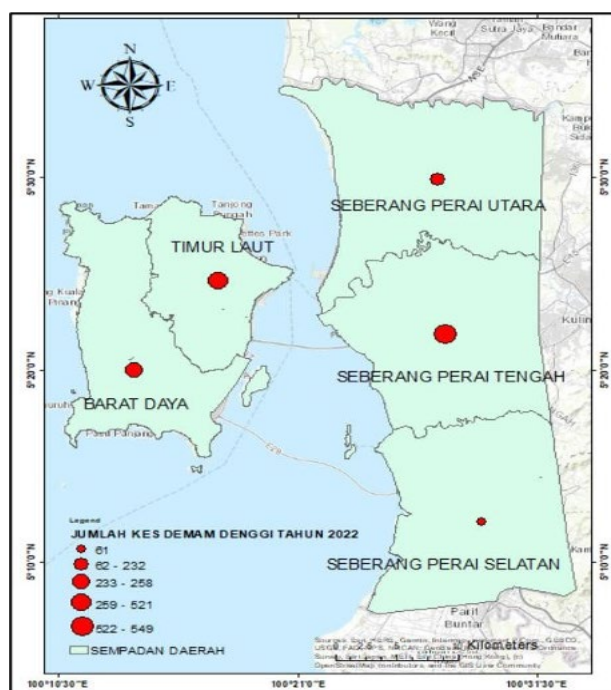
Analisis menunjukkan hubungan positif sederhana kuat antara jumlah hujan dan kes Demam Denggi, di mana peningkatan hujan berpotensi meningkatkan tempat pembiakan nyamuk Aedes. Oleh itu, curahan hujan perlu dijadikan petunjuk utama dalam langkah pencegahan. Risiko penularan tinggi semasa musim hujan kerana air bertakung di longkang tersumbat, pasu bunga, tayar terbuang, dan bekas terbuka (Saputra et al., 2023). Kawasan dengan hujan tinggi perlu diberi tumpuan dalam program kawalan vektor bagi mengurangkan risiko jangkitan (Ismail, 2017). Dapatan ini menekankan keperluan memperkukuh sistem amaran awal berdasarkan data curahan hujan. Pihak berkuasa kesihatan boleh menggunakan ramalan cuaca untuk menjangka peningkatan kes dan melaksanakan langkah kawalan lebih awal. Contohnya, sebelum musim hujan berpanjangan, aktiviti kawalan nyamuk seperti gotong-royong, penggunaan larvasida, dan semburan kabus boleh dijalankan secara proaktif. Strategi kawalan vektor perlu disesuaikan dengan pola hujan, dengan pemantauan dan pembersihan persekitaran dipertingkatkan selepas hujan lebat. Pendekatan komuniti juga penting dalam meningkatkan kesedaran masyarakat mengenai kepentingan menghapuskan tempat pembiakan nyamuk (Sholehah, 2017).

Selain hujan, kepadatan penduduk dan sistem saliran bandar turut mempengaruhi penularan Demam Denggi. Kawasan dengan hujan lebat tetapi sistem saliran baik mungkin kurang berisiko berbanding kawasan dengan perparitan tidak teratur. Oleh itu, pengurusan infrastruktur dan perancangan bandar yang efektif dapat membantu mengurangkan kesan hujan terhadap peningkatan kes. Dapatan ini juga menekankan keperluan penyelidikan lanjut mengenai hubungan hujan dan Demam Denggi dalam konteks perubahan iklim, di mana pola hujan yang tidak menentu boleh mempengaruhi penularan penyakit. Dengan pemahaman yang lebih mendalam, dasar kesihatan awam yang lebih berkesan dan mampan dapat dirangka.

5. Analisis Hotspot Bagi Taburan Kes Demam Denggi Mengikut Daerah Di Sekitar Negeri Pulau Pinang Bagi Tahun 2022 Dan 2023

Hasil analisis hotspot bagi taburan kes Demam Denggi mengikut daerah di sekitar negeri Pulau Pinang bagi tahun 2022, didapati bahawa terdapat perbezaan ketara dalam jumlah kes yang dilaporkan di setiap daerah (Rajah 5). Daerah yang mencatatkan jumlah kes tertinggi ditunjukkan dengan saiz bulatan yang lebih besar, menandakan kawasan yang lebih terjejas oleh wabak ini. Seberang Perai Tengah dan Timur Laut merupakan antara kawasan yang mencatatkan bilangan kes yang lebih tinggi berbanding daerah lain. Faktor seperti kepadatan penduduk, keadaan persekitaran seperti suhu dan curahan hujan yang menyokong pembiakan nyamuk Aedes, memainkan peranan dalam taburan kes ini. Oleh itu, pemantauan berterusan dan langkah

kawalan yang lebih agresif perlu diterapkan di kawasan yang dikenal pasti sebagai hotspot bagi mengurangkan penyebaran wabak Demam Denggi di masa hadapan.



Rajah 5. Taburan Kes Demam Denggi Mengikut Daerah Di Sekitar Negeri Pulau Pinang Bagi Tahun 2022

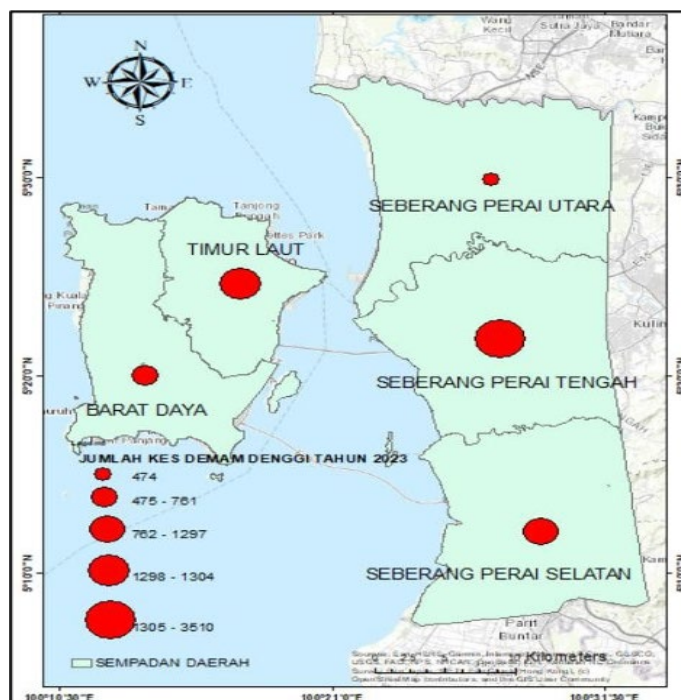
Analisis hotspot kes Demam Denggi di Pulau Pinang pada tahun 2022 menunjukkan perbezaan ketara antara daerah, dipengaruhi oleh faktor seperti kepadatan penduduk, persekitaran, infrastruktur kesihatan, dan keberkesanan kawalan vektor. Kawasan bandar dengan kepadatan penduduk tinggi lebih cenderung mencatatkan peningkatan kes akibat perumahan yang rapat dan lebih banyak tempat pembiakan nyamuk *Aedes*. Selain itu, pergerakan penduduk yang aktif turut meningkatkan risiko penyebaran virus dalam komuniti. Selain faktor demografi, keadaan persekitaran turut mempengaruhi jumlah kes Demam Denggi. Kawasan dengan longkang tersumbat, tapak pembinaan terbengkalai, dan sistem pembuangan sampah yang tidak teratur lebih berisiko menjadi hotspot denggi. Faktor ini menjelaskan perbezaan jumlah kes antara daerah, di mana kawasan dengan persekitaran kurang terjaga mencatatkan lebih banyak kes.

Keberkesanan langkah kawalan turut mempengaruhi taburan kes denggi. Daerah dengan program kawalan vektor yang aktif, seperti penyemburan kabus, penggunaan larvasida, dan kempen kesedaran, cenderung mencatatkan kes yang lebih rendah. Sebaliknya, kawasan dengan usaha pencegahan yang lemah atau kurang penglibatan komuniti berisiko mengalami peningkatan kes. Pendekatan bersasar dalam pencegahan dan kawalan Demam Denggi adalah penting berdasarkan perbezaan kes mengikut daerah. Analisis hotspot boleh membantu mengenal pasti kawasan berisiko tinggi untuk tindakan segera, seperti pemusnahan tempat pembiakan nyamuk, penglibatan komuniti, dan penyediaan sumber kesihatan yang mencukupi. Strategi berasaskan data ini dapat meningkatkan keberkesanan kawalan denggi dan mengurangkan beban penyakit di Pulau Pinang.

6. Analisis Hotspot Bagi Taburan Kes Demam Denggi Mengikut Daerah Di Sekitar Negeri Pulau Pinang Bagi Tahun 2023

Bagi tahun 2023, analisis hotspot bagi taburan kes Demam Denggi mengikut daerah di sekitar negeri Pulau Pinang mendapati bahawa terdapat peningkatan ketara dalam jumlah kes berbanding tahun sebelumnya. Daerah yang mencatatkan bilangan kes yang tinggi ditunjukkan dengan bulatan bersaiz lebih besar, menandakan kawasan yang lebih terjejas. Seberang Perai Tengah dan Seberang Perai Selatan merupakan kawasan yang mencatatkan jumlah kes tertinggi, menunjukkan peningkatan ketara dalam penularan wabak. Faktor seperti peningkatan jumlah curahan hujan, perubahan suhu dan kepadatan penduduk memainkan peranan dalam mempengaruhi taburan kes ini. Langkah kawalan yang lebih efektif seperti semburan nyamuk

berkala, gotong-royong pembersihan, dan kesedaran masyarakat perlu dipertingkatkan di kawasan hotspot bagi mengekang peningkatan kes Demam Denggi di masa hadapan (Rajah 6).



Rajah 6. Taburan Kes Demam Denggi Mengikut Daerah Di Sekitar Negeri Pulau Pinang Bagi Tahun 2023

Peningkatan kes Demam Denggi di Pulau Pinang pada 2023, terutama di Seberang Perai Tengah dan Seberang Perai Selatan, dikaitkan dengan perubahan cuaca, kepadatan penduduk, dan persekitaran yang menyokong pembiakan nyamuk *Aedes*. Jika tidak dikawal, keadaan ini boleh meningkatkan risiko kesihatan penduduk. Perubahan cuaca dan persekitaran yang tidak menentu, seperti curahan hujan tinggi dan suhu berubah-ubah, mewujudkan habitat sesuai untuk pembiakan nyamuk *Aedes*. Air bertakung akibat hujan kerap meningkatkan populasi nyamuk, sekali gus menaikkan risiko jangkitan Denggi. Kepadatan penduduk yang tinggi di Seberang Perai Tengah dan Selatan turut menyumbang kepada penyebaran Denggi, terutama di kawasan perumahan padat dengan tempat pembiakan nyamuk seperti longkang tersumbat dan sampah tidak terurus. Untuk mengawal wabak, langkah pencegahan seperti semburan nyamuk berkala, gotong-royong pembersihan, serta pendidikan kesihatan perlu dipertingkatkan bagi meningkatkan kesedaran masyarakat terhadap pencegahan Denggi.

Kesimpulannya, peningkatan kes Demam Denggi di Pulau Pinang pada tahun 2023 memerlukan tindakan kawalan yang lebih ketat dan penglibatan aktif daripada kerajaan, komuniti, serta agensi kesihatan. Usaha yang proaktif dan kerjasama berterusan dapat membantu mengurangkan kadar jangkitan serta melindungi kesihatan penduduk.

Perbincangan

Peningkatan kes Demam Denggi di Pulau Pinang pada 2022 dan 2023 menunjukkan tren yang membimbangkan. Kes pada 2022 melonjak drastik selepas minggu ke-40 dan melepasi tahap epidemik pada minggu ke-49. Sementara itu, pada 2023, peningkatan kes berlaku lebih awal, mencapai puncak antara minggu ke-14 hingga minggu ke-17 dengan lebih 300 kes seminggu sebelum mula menurun selepas minggu ke-20. Situasi ini menekankan keperluan tindakan pencegahan dan kawalan yang lebih berkesan. Peningkatan kes Demam Denggi dipengaruhi oleh perubahan cuaca, kepadatan penduduk, dan kelemahan kawalan vektor. Kajian menunjukkan bahawa pengurusan sisa buangan yang lemah dan sistem saliran tidak berkesan meningkatkan risiko pembiakan nyamuk *Aedes* (Ahmad et al., 2021). Selain itu, suhu tinggi didapati mempercepatkan kitaran hidup nyamuk dan replikasi virus, sekali gus meningkatkan kadar jangkitan (Omar et al., 2023).

Oleh itu, kajian lanjut diperlukan untuk memahami faktor-faktor ini dengan lebih mendalam dan memperkukuh strategi pencegahan. Jumlah curahan hujan memainkan peranan penting dalam peningkatan kes Demam Denggi, dengan analisis jangka panjang dapat membantu mengenal pasti pola musiman penularan. Kawasan berpenduduk padat seperti Seberang Perai Tengah dan Georgetown mencatat jumlah kes tertinggi, dipengaruhi oleh faktor persekitaran seperti longkang tersumbat dan tempat pembiakan nyamuk Aedes (Rosidi & Rahman, 2022). Namun, kajian mendapati bahawa kepadatan penduduk bukan faktor utama, sebaliknya pengurusan sampah yang lemah dan kawasan pembinaan terbiar lebih menyumbang kepada peningkatan kes (Phung et al., 2019). Dapatan ini mempunyai implikasi penting dalam kesihatan awam, dengan beberapa cadangan untuk meningkatkan ketepatan analisis trend Denggi. Penggunaan data jangka panjang serta faktor tambahan seperti kelembapan dan arah angin boleh memperbaiki pemantauan.

Teknologi moden seperti pemetaan GIS dan dron dapat membantu mengenal pasti kawasan berisiko tinggi. Faktor sosioekonomi juga perlu dikaji bagi merangka strategi pencegahan yang lebih berkesan. Keberkesanan program kawalan nyamuk sedia ada harus dinilai semula, termasuk penggunaan nyamuk berwolbachia. Selain itu, penglibatan komuniti perlu diperkasakan, dan perbandingan dengan negeri lain dapat memberikan pemahaman lebih luas mengenai pola penyebaran serta langkah kawalan terbaik. Kesimpulannya, peningkatan kes Demam Denggi di Pulau Pinang pada 2022 dan 2023 dipengaruhi oleh faktor cuaca, kepadatan penduduk, dan keadaan persekitaran. Langkah kawalan yang lebih komprehensif perlu diterapkan, termasuk kerjasama antara institusi penyelidikan dan pihak berkuasa kesihatan dalam membangunkan model ramalan penyebaran Denggi. Selain itu, kaedah kawalan vektor alternatif seperti pelepasan nyamuk berwolbachia dan penggunaan teknologi dron untuk pemantauan kawasan berisiko boleh dipertimbangkan bagi meningkatkan keberkesanan pencegahan dan kawalan penyakit ini.

Kesimpulan

Kajian ini mendapati peningkatan ketara dalam kes Demam Denggi di Pulau Pinang dari 2021 hingga 2023, dengan Seberang Perai Tengah mencatatkan kes tertinggi. Faktor seperti kepadatan penduduk, suhu, dan taburan hujan memainkan peranan penting dalam penyebaran penyakit ini. Analisis GIS membantu mengenal pasti kawasan hotspot bagi intervensi yang lebih berkesan. Faktor persekitaran, terutama curahan hujan, memberi kesan ketara terhadap peningkatan kes, manakala kepadatan penduduk dan suhu menunjukkan kesan berbeza mengikut tahun. Oleh itu, pemantauan berterusan dan kajian lanjut diperlukan untuk memahami kesan perubahan iklim. Langkah mitigasi seperti kawalan vektor, kesedaran masyarakat, serta teknologi GIS dan pemetaan hotspot harus diterapkan dengan kerjasama pelbagai pihak bagi memastikan pencegahan jangka panjang yang berkesan.

Penghargaan: Kajian ini mendapat sokongan penuh daripada Jabatan Kesihatan Pulau Pinang yang berkerjasama dalam membantu menyediakan rundingan, khidmat nasihat dan penyediaan data yang diperlukan bagi kajian ini hingga berjaya dilaksanakan dengan sempurna.

Konflik Kepentingan: Penulis tidak terlibat dengan sebarang konflik kepentingan dalam kajian ini.

Rujukan

- Awang, A. (2010). Perubahan habitat manusia dan persekitaran serta implikasinya terhadap penyakit dan kesihatan serta pengurusannya. *International Journal of the Malay World and Civilisation*, 28(2), 195-209.
- Bakar, J., Mohamad, S. I. S., Yusof, H., & Abidin, I. Z. Z. (2022). Tinjauan literatur berkaitan tahap pengetahuan, sikap dan persepsi orang awam terhadap dasar larangan merokok oleh Kementerian Kesihatan Malaysia. *Jurnal Sains Kesihatan Malaysia*, 20(2), 63-68. <http://dx.doi.org/10.17576/JSKM-2022-2002-07>.
- Basir, N., Ab Rahim, I. S., & Halim, M. Z. A. (2020). Analisis tingkah laku sosiologi masyarakat berasaskan teori interaksionisme melalui perangkaan Data Kes Covid-19 Di Malaysia. *Pendeta*, 11, 11-30. <https://doi.org/10.37134/pendeta.vol11.edisikhas.2.2020>.
- Ekonomi, U. P. (2016). Mencapai Akses Sejagat kepada Penjagaan Kesihatan Berkualiti.

- Er, A. C., Elainie, M. K., Asmahani, A., Mazrura, S., & Zainudin, M. A. (2011). Perubahan cuaca dan penyakit denggi: Kajian kes di daerah Seremban, Negeri Sembilan, Malaysia. *E-Bangi: Journal of Social Sciences and Humanities*, 6(1), 38-48.
- Guan, A. T. K. (2020). *Faktor Sosioekonomi dan Faktor Risiko Penyakit Tidak Berjangkit di Malaysia (Penerbit USM)*. Penerbit USM.
- Hamdan, H. (2010). *Perubahan tahap kerintangan dalam nyamuk Culex quinquefasciatus, Aedes aegypti dan Aedes albopictus terhadap insektisid malathion, permethrin dan temephos*. University of Malaya (Malaysia).
- Isa, D. M., Isa, S. M., & Mapjabil, J. (2021). *Pembangunan Sumber dan Komuniti Pulau*. Universiti Malaysia Sabah Press.
- Ismail, S. (2017). *Pengaruh Cuaca Terhadap Penyebaran Kes Demam Denggi di Kuala Lumpur* (Doctoral dissertation, University of Malaya).
- Jamri, M. H., Ismail, N., Ahmad, J. H., & Singh, D. (2017). Kempen kesedaran kesihatan awam: Satu tinjauan literatur dari sudut penggunaan media dan komunikasi di Malaysia. *Jurnal Komunikasi: Malaysian Journal of Communication*, 33(3), 1-20. <https://doi.org/10.17576/JKMJC-2017-3303-01>.
- Judijanto, L., Laksono, R. D., Ningsi, N., Wasita, R. R. R., & Suarti, E. (2024). *Pengantar Epidemiologi: Teori Komprehensif*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Kamis, A., & Choy, L. K. (2018). Aplikasi GIS dalam penilaian kawasan berisiko tinggi wabak denggi di Semenanjung Malaysia tahun 2016 (Application of GIS for Assessment of dengue risk areas in Peninsular Malaysia in 2016). *Geografia*, 14(2).
- Kusumawati, N., & Sukendra, D. M. (2020). Spasiotemporal Demam Berdarah Dengue berdasarkan House Index, Kepadatan Penduduk dan Kepadatan Rumah. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 4(2), 168-177. <https://doi.org/10.15294/higeia.v4i2.32507>.
- Lema, Y. N., Almet, J., & Wuri, D. A. (2021). Gambaran siklus hidup nyamuk Aedes sp. di Kota Kupang. *Jurnal Veteriner Nusantara*, 4(1), 2-2.
- Muis, A. (2020). Hubungan Perubahan Tanda Vital dan Kadar Hematokrit terhadap Resiko Dengue Hemoragic Fever pada Pasien Anak di PUSKESMAS Mangkurawang Tenggara.
- Nasir, N. M., & Abd Majid, N. (2024). Sikap masyarakat dalam mengamalkan pencegahan demam denggi di Bandar Baru Bangi, Selangor. *Geografia*, 20(2), 107-127. <https://doi.org/10.17576/geo-2024-2002-07>.
- Noor, A. H. M., Aziz, L. M., Azlan, M. U. I. M., Jasyua, M. F. H. M., Azmizee, N. A. A., & Haizan, M. A. S. A. (2023). M ZeroStag Effect to Reduce Dengue Mosquito Breeding. *International Journal of Synergy in Engineering and Technology*, 4(2), 119-127.
- Nor, N. M., & Er, A. C. (2016). Analisis tren bilangan insiden hotspot denggi dengan penubuhan COMBI di Malaysia: Kajian di Daerah Seremban, Negeri Sembilan. *Geografia*, 12(10).
- Omar, S., Karim, N., Ramli, N. S., & Othman, H. (2023). Impak Semburan Isi Padu Ultra-Rendah minyak pati Piper aduncum L. terhadap Populasi Vektor Denggi di Kawasan Wabak dan Bukan Wabak di Selangor, Malaysia. *Sains Malaysiana*, 52(9), 2613-2624.
- Rosidi, A. H., & Rahman, A. A. (2022). Pendekatan spatial bagi analisis lokaliti taburan kes demam denggi sekitar kawasan Kulim, Kedah. *E-Bangi: Journal of Social Sciences and Humanities*, 19(2).
- Saputra, A. U., 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). <https://doi.org/10.36729/jam.v8i2.1119>.
- Shamsuri, M. F. A. (2015). *Masalah longgokan sampah kawasan perumahan berteres kajian kes: Taman Universiti, Skudai, Johor* (Doctoral dissertation, Universiti Teknologi Malaysia).
- Sobian, A. (2021). Pandemik Covid-19 dan pengabaian manusia terhadap alam sekitar: Ulasan Islami. *Jurnal Dunia Pengurusan*, 3(1), 58-70.
- Sutriyawan, A., Darmawan, W., Akbar, H., Habibi, J., & Fibrianti, F. (2022). Faktor yang Mempengaruhi Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) Melalui 3M Plus dalam Upaya Pencegahan Demam Berdarah Dengue (DBD). *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 11(01), 23-32.

- Tahir, Z., & Malek, J. A. (2017). Pemantauan percanggahan guna tanah bandar dan tanah pertanian menggunakan Sistem Maklumat Geografi (GIS). *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space*, 13(3), 112-130.
- Talib, A. (2019). *Isu Kontemporari dalam Pembangunan dan Kesejahteraan Masyarakat (UUM Press)*. UUM Press.