

ANALISIS PENYAKIT DEMAM BERDARAH DI KOTA PANGKAL PINANG MENGUNAKAN METODE SPASIAL

ANALYSIS OF DENGUE FEVER DISEASE AT THE PANGKAL PINANG CITY USING SPATIAL METHOD

Safriyan Hariyanto^{1*}, Prastowo Yusuf Alrozi²

¹Universitas Bangka Belitung [Email: safriyanhariyanto@gmail.com]

²Universitas Bangka Belitung [Email: prastowoyusufa@gmail.com]

*safriyanhariyanto@gmail.com

ABSTRAK

Demam berdarah adalah penyakit dari virus gigitan nyamuk *aedes aegypti* betina. Kota Pangkal Pinang salah satu kota di provinsi Kepulauan Bangka Belitung, sekaligus ibukota dari provinsi tersebut. Kota Pangkal Pinang adalah Kota yang memiliki resiko penyakit demam berdarah karena banyak masyarakat yang tinggal di perkumuhan padat penduduk sekitar Perkotaan. Tujuan Penelitian yaitu mengidentifikasi resiko dan faktor yang memberi pengaruh besar terhadap jumlah penyakit demam berdarah di kota Pangkal Pinang dengan pertimbangan ketergantungan spasial. Penelitian menggunakan model *spatial autoregresif* (SAR) dengan matriks bobot spasial *queen contiguity* untuk menghitung ketergantungan terhadap nilai spasialnya. Penyebaran penyakit demam berdarah di kota Pangkal Pinang dipengaruhi oleh faktor-faktor berupa lingkup daerah rawan banjir, lingkungan kumuh perkotaan, kepadatan populasi, kekurangan jumlah puskesmas atau fasilitas kesehatan terhadap perseribu penduduk yang tinggal diperkotaan dan pengaruh kelambatan spasial. Terbukti bahwa penyakit demam berdarah di sekitar kecamatan meningkat. Hal ini ditandai dari kenaikan jumlah titik rawan penyakit demam berdarah untuk disetiap kecamatan sekitarnya. Masalah ini tentu saja disebabkan karena terdapat keteringgalan spasial yang bersifat positif dan koefisien signifikansi yang begitu besar. Dampak langsung yang bisa dirasakan adalah apabila terdapat penambahan satu persen disetiap titik rawan banjir di salah satu kecamatan maka akan terjadi penambahan jumlah penderita penyakit demam berdarah sebanyak tiga orang.

Kata kunci: Demam Berdarah, *Spatial Autoregresif* (SAR), *Queen Contiguity*

ABSTRACT

Dengue fever is a viral disease caused by the bite of a female *aedes aegypti* mosquito. Pangkal Pinang City is one of the cities in the province of Bangka Belitung Islands, as well as the capital of the province. Pangkal Pinang City is a city that has a risk of dengue fever because many people live in densely populated neighborhoods around the city. The research objective is to identify the risks and factors that have a major influence on the number of dengue fever diseases in the city of Pangkal Pinang with consideration of spatial dependence. The study used spatial autoregressive (SAR) model with queen contiguity spatial weight matrix to calculate the dependency of spatial values. The spread of dengue fever in the city of Pangkal Pinang is influenced by factors such as the scope of flood-prone areas, urban slum environment, population density, lack of number of health centers or health facilities per thousand population living in the city and the influence of spatial lags. It is evident that dengue fever around the sub-district is increasing. This is indicated by the increase in the number of dengue hotspots for each surrounding sub-district. This problem is of course caused because there is a positive spatial lag and the significance coefficient is so large. The direct impact that can be felt is that if there is an increase of one percent in each flood-prone point in one sub-district, there will be an increase in the number of dengue fever sufferers by three people.

Keywords: Dengue Disease, *Spatial Autoregressive* (SAR), *Queen Contiguity*.

1. PENDAHULUAN

Umumnya penularan penyakit demam berdarah disebabkan virus dengue berawal dari gigitan nyamuk betina jenis *aedes aegypti*. Nyamuk jenis ini sangat mudah berkembangbiak ditempat kumuh contoh genangan air tidak terawat, gelap, serta lembap [1]. Demam berdarah termasuk penyakit ancaman besar bagi masyarakat Indonesia. Hal ini tentu saja tidak terlepas dari iklim tropis yang dimiliki negara Indonesia dimana rentan terhadap penyakit vektor menular, yakni peningkatan penyakit dan resiko karena perubahan iklim cuaca [2].

Virus *Dengue* memiliki sifat mudah sensitif atau cepat merespon terhadap perubahan *mean* atau rata-rata suhu, tingkat kelembaban serta curah hujan tinggi, hal ini sangat besar mempengaruhi siklus hidup dan perkembangbiakan nyamuk *aedes aegypti* [2], [3]. Indonesia termasuk negara beriklim tropis dimana hanya ada dua perubahan musim, yakni musim penghujan dan musim kemarau, akibatnya demam berdarah semakin bertambah banyak karena cuaca yang lembab.

Menurut penelitian [1], daerah kumuh sangat berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan nyamuk *Aedes Aegypti*, jadi sangat diperlukan program basmi sarang nyamuk terutama didaerah perkumuhan penduduk guna meminimalisir demam berdarah. Sedangkan menurut [4], daerah yang sering mengalami banjir akibat curah hujan relatif tinggi rentan terhadap demam berdarah. Jadi, bisa dikatakan bahwa banjir juga memberi pengaruh tidak langsung terhadap peningkatan demam berdarah.

Adapun beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa demam berdarah dipengaruhi laju mobilitas dan tingkat kepadatan penduduk. Hasil ini pernah diteliti oleh Fatati dkk [5], [6] dimana peningkatan jumlah penderita demam berdarah disebabkan melonjaknya kepadatan penduduk. Dari sini bisa dilihat bahwa demam berdarah lebih cepat menyebar disuatu lingkungan yang kepadatan penduduk tinggi. Nyamuk dapat dengan mudah hidup di wilayah beriklim tropis dengan suhu hangat dengan ketinggian daerah 1.000 meter dari permukaan laut Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) [7]. Pangkal Pinang, utamanya, terletak di wilayah yang cocok untuk memudahkan nyamuk berkembangbiak belum lagi ditambah akibat dari sektor industri yang luas mencakup wilayah perkotaan itu sendiri.

Jumlah penduduk kota Pangkal Pinang per Juni Tahun 2022 mencapai 226.297 jiwa dengan rata-rata laju pertumbuhan penduduk sebesar 2,03% pertahun di kota Pangkal Pinang dimana tingkat kepadatan penduduk mencapai 2.167 Jiwa per km^2 [8]. Beberapa titik wilayah kumuh dikota Pangkal Pinang yaitu kelurahan Opas Indah dengan luas 2 hektar, kelurahan Gedung Nasional dengan luas 4 hektar, kelurahan Ketapang dengan luas 6 hektar, kelurahan Pasir Putih dengan luas 3 hektar, kelurahan Semabung Lama dengan luas 1 hektar [9]. Perkumuhan adalah rumah tangga atau suatu wilayah yang tidak memiliki akses sumber air minum bersih, tidak mempunyai sanitasi yang layak, tidak mempunyai luas lantai melebihi 7,2 m^2 per jiwa, dan tidak mempunyai kondisi atap, lantai, dan dinding yang baik [10].

Kota Pangkal Pinang memiliki resiko demam berdarah hal ini dikarenakan populasi penduduk yang kian bertambah banyak, wilayah perkumuhan diperkotaan, rentan banjir jika curah hujan relatif tinggi, dan suhu yang cocok untuk siklus reproduksi nyamuk *aedes aegypti*. Hal ini dapat dibuktikan pada tahun 2019 terdapat 172 jiwa yang terkena demam berdarah dimana kasus terbanyak berada di kecamatan Gerunggang yakni sebanyak 45 kasus dan paling sedikit di kecamatan Pangkal Balam yakni sebanyak 3 kasus [11].

Penelitian demam berdarah menggunakan pendekatan spasial seperti yang dilakukan oleh [6] dengan cara uji *Moran's I* dan *Local Indicators of Spatial Association* (LISA) hasilnya bahwa demam berdarah, jumlah penduduk, kepadatan penduduk, suhu, intensitas curah hujan, dan laju angin mempunyai autokorelasi spasial yang positif antar kelurahan di Jakarta disetiap variabel [12] dengan metode *Moran* dan *Geary's C Index* menunjukkan penularan demam berdarah di kota Semarang hasilnya terdapat autokorelasi spasial. Kedua hasil Riset mempunyai kesimpulan sama, yakni adanya autokorelasi spasial

bernilai positif terhadap demam berdarah. Adapun penelitian oleh [5] [5] dengan model spasial autoregressive (SAR), dan hasil riset dimana faktor berpengaruh signifikan terhadap jumlah signifikan demam berdarah di provinsi Jawa Tengah merupakan jumlah sumber air terlindungi persentase jumlah jiwa yang mempunyai akses air minum layak konsumsi, kepadatan penduduk, jumlah poli klinik desa per 1.000 jiwa, jumlah puskesmas per 1.000 jiwa, dan kualitas air bersih bebas penyakit dan zat berbahaya (bebas bakteri, bebas jamur, bebas kimia). Menurut hasil perbandingan model *spatial durbin model* (SDM) dan *spatial autoregressive* (SAR) oleh [12] bahwa *spatial autoregressive* (SAR) memiliki keunggulan lebih baik dibandingkan *spatial durbin model* (SDM) dalam mengestimasi demam berdarah di provinsi Jawa Tengah. Umumnya, jumlah jiwa dan mean lama waktu di sekolah adalah indikator peningkatan demam berdarah di provinsi Jawa Tengah. Riset keduanya mempunyai kesamaan, yakni tempat pengamatan dan analisisnya adalah kabupaten dan provinsi Jawa Tengah. Penelitian ini dapat melihat banyak isu lingkungan dan sosial di Pangkal Pinang terhadap peta sebaran demam berdarah dengan menghitung spasial. Dari latar belakang ini, tujuan penelitian untuk identifikasi resiko apa saja yang menjadi pengaruh peningkatan demam berdarah di kota pangkal pinang, dengan memanfaatkan kecamatan sebagai unit pengamatan dan analisis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini memanfaatkan data sekunder dari Badan Pusat Statistik Kota Pangkal Pinang (BPS Kota Pangkal Pinang) dan Dinas Komunikasi, Informasi, dan Statistik (Diskominfotik Kota Pangkal Pinang).

Tabel 1. Sumber data dan nama Variabel

Notasi	Nama Variabel	Sumber Data
Y	Jumlah Kasus Demam Berdarah	BPS Kota Pangkal Pinang [11][11]
X_1	Jumlah Wilayah Rawan Banjir	BPS Kota Pangkal Pinang [13][14]
X_2	Jumlah RT Kumuh	Asep[9] [9]
X_3	Kepadatan Penduduk	BPS Kota Pangkal Pinang [8][8]
X_4	Jumlah Rumah Sakit Per Seribu Penduduk	Diskominfotik Kota Pangkal Pinang [14][15]

Pengolahan data dan Pembuatan peta tematik menggunakan software matematika. adapun langkah-langkah analisis data sebagai berikut :

1. Ekspor data semua variabel dengan menggunakan peta tematik sehingga diperoleh pola distribusi data antar kecamatan bisa diketahui;
2. Sebelum memodelkan dengan regresi spasial, asumsi klasik regresi linier berganda harus dilakukan uji asumsi klasik regresi [15];
3. Sebelum uji *Moran's I*, harus dibuat bobot matriks spasial. Hal ini termasuk cara umum merepresentasikan hubungan data spasial dengan konsep *Contiguity*. Maknanya adalah, area yang dianggap memiliki hubungan jika setiap batas memiliki titik yang tidak berbeda. Berdasarkan *Queen Contiguity* setiap daerah yang bersinggungan dengan daerah lain dianggap bertetangga [16]. *Queen Contiguity* adalah pembobotan matriks spasial yang digunakan selama penelitian;
4. Memeriksa autokorelasi setiap kecamatan dengan uji *Indeks Moran's I* [17]. Hipotesis uji *Moran's I* yaitu :

H_0 : Tidak ada autokorelasi spasial di W (matriks bobot spasial)

H_1 : Ada autokorelasi spasial di W (matriks bobot spasial)

Moran's I dijabarkan:



$$I = \frac{N}{S_0} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

Dengan N jumlah pengamatan, $\bar{y}$ nilai *mean* atau rata-rata y_i dari N lokasi, y_i menyatakan lokasi ke- i , y_j menyatakan lokasi ke- j , W_{ij} menyatakan elemen matriks bobot spasial dan statistik uji *Moran's I* dijabarkan :

$$Z_I = \frac{I - E(I)}{\sqrt{Var(I)}} \quad (2)$$

Dengan Z_I nilai statistik uji *Moran's I*, $E(I)$ nilai ekspekstasi dari *Moran's I* dan $Var(I)$ varians dari *Moran's I* yang dijabarkan :

$$Var(I) = \frac{N^2 \cdot S_1 - N \cdot S_2 + 3 \cdot S_0^2}{(N-1)(N+1)S_0^2} - [E(I)]^2 \quad (3)$$

$$E(I) = -\frac{1}{n-1} \quad (4)$$

$$S_2 = \sum_{i=1}^N (\sum_{j=1}^N W_{ij} + \sum_{j=1}^N W_{ji})^2 \quad (5)$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (W_{ij} + W_{ji})^2 \quad (6)$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} \quad (7)$$

Kriteria keputusan kesimpulan adalah tolak H_0 jika $Z_1 > Z_{\frac{\alpha}{2}}$;

5. Memeriksa ketergantungan lag atau error spasial dengan uji *lagrange multiplier* (LM). uji *lagrange multiplier* (LM) untuk menentukan jenis analisis spasial yang baik untuk digunakan [18], [19]. Umumnya, model *spatial autoregressive* (SAR) dijabarkan [19], [20], [21]:

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}; \boldsymbol{\varepsilon} \sim N(\mathbf{0}, \sigma_{\varepsilon}^2 \mathbf{I}) \quad (8)$$

Dengan $\mathbf{y}$ Variabel respon, $\mathbf{X}$ Variabel prediktor, ρ koefisien autokorelasi spasial terhadap variabel respon, $\mathbf{W}$ matriks bobot spasial, $\boldsymbol{\beta}$ intersep dan koefisien regresi, dan $\boldsymbol{\varepsilon}$ galat. Hipotesis ketergantungan lag spasial yaitu :

$H_0 : \rho = 0$ (Tidak ada ketergantungan lag spasial)

$H_1 : \rho \neq 0$ (ada ketergantungan lag spasial)

Statistik uji ketergantungan lag spasial dijabarkan :

$$LM_{LAG} = \frac{\left[(e^T W_A y) / (e^T e / N) \right]^2}{\left[(W_A X \hat{\beta})^2 M (W_A X \hat{\beta}) / (e^T e / N) \right] + [tr(W_A^T W_A + W_A^2)]} \sim X_{(1-a); df=1}^2 \quad (9)$$

Sistem pengambilan keputusan tolak H_0 jika $LM_{LAG} > X_{(1-a); df=1}^2$. Jika H_0 ditolak, maka menggunakan model *spatial autoregressive* (SAR). Dan pengujian statistic berdasarkan ketergantungan error spasial dijabarkan :

$$LM_{ERR} = \frac{[(e^T W_A e) / (e^T e / N)]^2}{[tr(W_A^T W_A + W_A^2)]} \sim X_{(1-a); df=1}^2 \quad (10)$$

Sistem Pengambilan Keputusan Tolak H_0 Jika $LM_{ERR} > X_{(1-a); df=1}^2$. Jika H_0 ditolak, maka menggunakan *spatial error model* (SEM). Jika LM_{LAG} dan LM_{ERR} memiliki nilai yang signifikan, dan

dingkan nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) agar bisa mendapatkan model terbaik yang dipili. Suatu model terbaik apabila memiliki nilai AIC minimal[15]. AIC bisa dihitung dengan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) yang dijabarkan [22]:

$$AIC = -2L_m + 2m \quad (11)$$

Dengan L_m *Maximum Loglikelihood* dan m parameter model;

6. Estimasi parameter model *spatial autoregressive* (SAR). *Spatial autoregressive* variabel dipenden memiliki korelasi menurut spasial. Estimasi parameter dengan metode *Maximum Likelihood* yang dijabarkan [23],[24]:

$$\hat{\beta}_{ML} = (X^T X)^{-1} X^T y - \rho (X^T X)^{-1} X^T W_\rho y = \hat{\beta}_{OLS} - \rho \hat{\beta}_L \quad (12)$$

Dimana L peramalan parameter regresi dengan matriks pembobot (W) dan autokorelasi spasial ρ . Persamaan (12) tidak bisa diselesaikan langsung sebab nilai ρ tidak ada. Sehingga *Log-Likelihood* (L_c) digunakan, seperti yang dijabarkan berikut ini [17]:

$$\ln L_c(\rho) = C - \frac{n}{2} \ln \left[\frac{1}{n} (e_0 - \rho e_L)^T (e_0 - \rho e_L) \right] + \ln |I - \rho W_\rho| \quad (13)$$

Dimana C konstanta. Bentuk persamaan (13) merupakan bentuk fungsi non-linear satu parameter dan memaksimalkan teknik numerik untuk pencarian langsung;

7. Interpretasi *spatial autoregressive* (SAR) yang dihasilkan, begitu juga untuk kovariat;
8. Uji diagnostik model *spatial autoregressive* (SAR).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 adalah gambar wilayah kota Pangkal Pinang. Warna merah menunjukkan distribusi penyakit demam berdarah (DBD) yang tinggi semakin terang warna merah maka semakin besar kasus demam berdarah. peta sebaran kecamatan Gerunggang memiliki warna merah terang karena kecamatan Gerunggang adalah wilayah dengan kasus demam berdarah tertinggi yakni 45 Kasus. Kemudian disusul kecamatan Bukit Intan dengan total 38 kasus dengan warna merah sedang. Lalu diikuti kecamatan Gabek 34 kasus dengan merah Kecoklatan, kecamatan Girimaya 18 kasus dengan warna coklat, kecamatan Taman Sari dan Rangkui sama-sama berwarna coklat gelap yakni sebanyak 17 Kasus, dan paling rendah kecamatan Pangkal Balam sebanyak 3 Kasus dengan warna hitam. Semakin gelap warna maka semakin rendah kasus demam berdarah berdasarkan peta distribusi.



Gambar 1. Peta Wilayah Pangkal Pinang Kasus Demam Berdarah (DBD)

Adapun beberapa informasi mengenai titik lokasi penelitian :

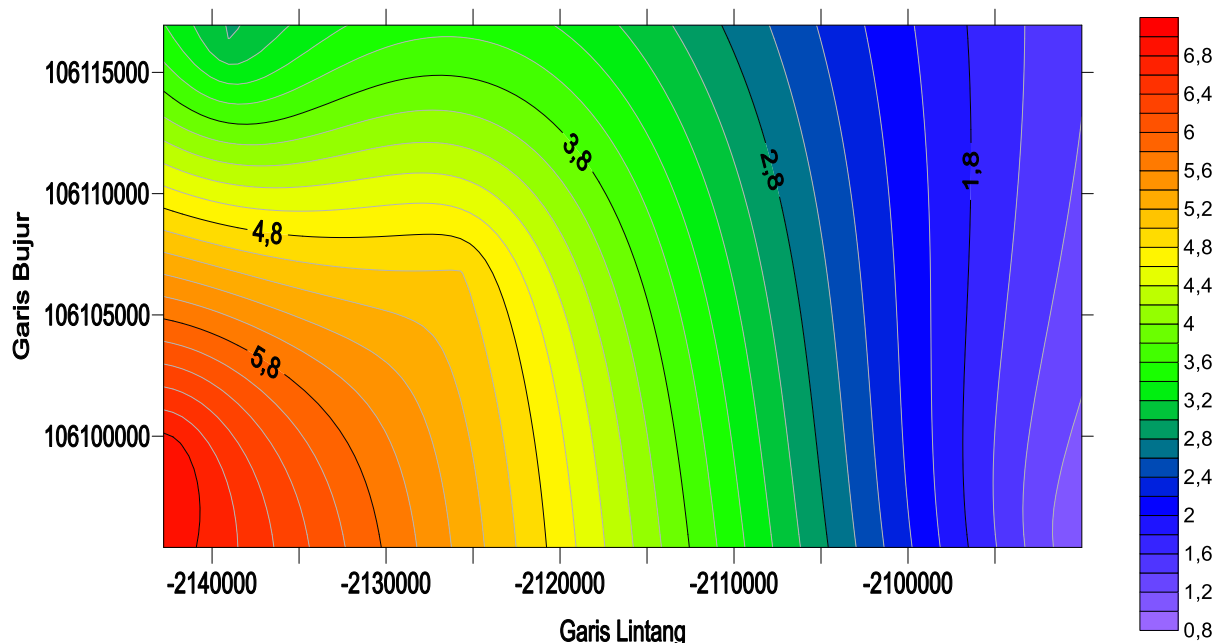
Tabel 2.Titik Lokasi Penelitian berdasarkan Kecamatan

Kecamatan	Lokasi Titik Lintang	Lokasi Titik Bujur
Rangkui	-2.142.783	106.099.168
Bukit Intan	-2.139.297	106.116.948
Girimaya	-2.138.990	106.116.122
Pangkalbalam	-2.102.156	106.129.002
Gabek	-2.090.007	106.095.415
Tamansari	-2.125.623	106.106.907
Gerunggang	-2.115.055	106.111.154

Berdasarkan tabel 2 diatas lokasi penelitian berada pada titik lintang -2.090.007 hingga -2.142.783 dan titik bujur 106.095.415 hingga 106.129.002. Jarak rata-rata atau *mean* titik lokasi penelitian setiap kecamatan adalah titik lintang -0.024.433 dan titik bujur 0.013.128.

Dibawah ini akan disajikan gambar hubungan demam berdarah terhadap masing-masing variabel penelitian :

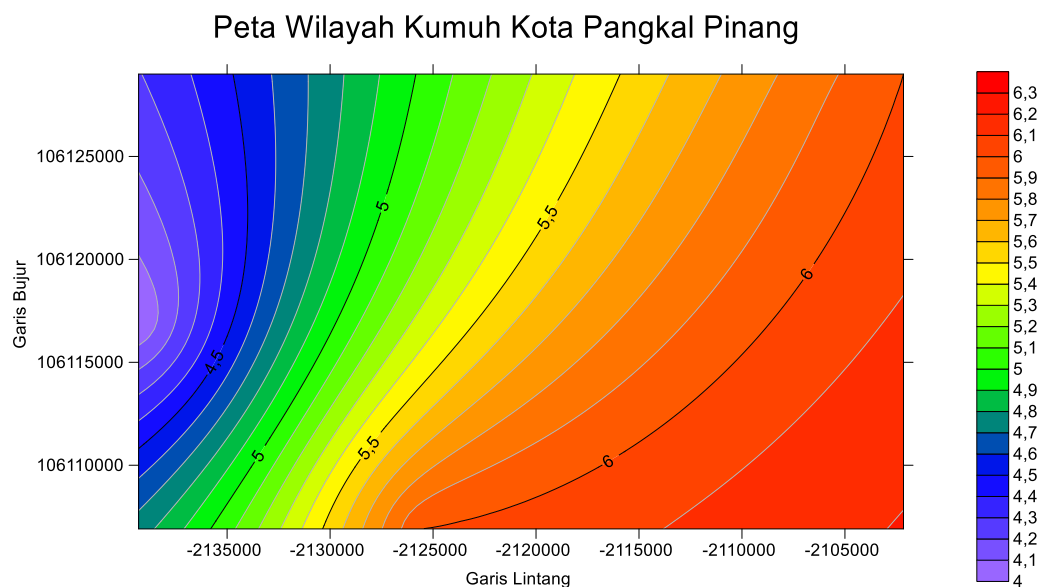
Peta Titik Rawan Banjir Kota Pangkal Pinang



Gambar 2. Peta Jumlah Titik Rawan Banjir Kota Pangkal Pinang

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa wilayah Rangkui dengan warna merah memiliki titik rawan banjir terbesar yakni sebanyak 7 titik lokasi. Kemudian diikuti wilayah Taman Sari dengan warna kuning memiliki titik rawan banjir sebanyak 5 titik lokasi sedangkan berdasarkan kasus demam berdarah wilayah Rangkui dan Taman Sari memiliki tingkat kasus demam berdarah tergolong sedang. Wilayah Bukit Intan dan Girimaya dengan warna hijau yakni sama sebanyak 3 titik lokasi rawan banjir sedangkan berdasarkan kasus demam berdarah wilayah Bukit Intan juga memiliki tingkat kasus demam berdarah yang tinggi tetapi untuk wilayah Girimaya kasus demam berdarah tergolong sedang. Wilayah Pangkal Balam dan Gerunggang tidak memiliki titik rawan banjir sedangkan berdasarkan kasus demam berdarah

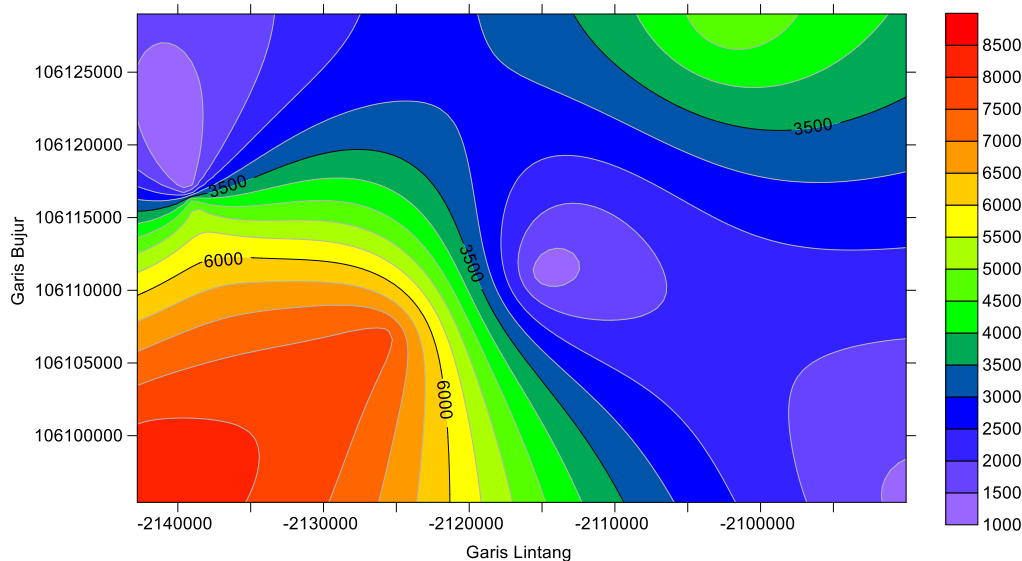
wilayah Pangkal Balam memiliki kasus demam berdarah yang kecil namun berbanding terbalik dengan wilayah Gerunggang yang memiliki kasus demam berdarah tertinggi dari seluruh wilayah kecamatan. Hal ini menandakan bahwa kasus demam berdarah tidak hanya disebabkan karena titik rawan banjir saja akan tetapi juga dipengaruhi faktor lainnya. Hal ini bisa dibuktikan untuk wilayah Gerunggang yang tidak memiliki titik rawan banjir namun memiliki tingkat demam berdarah tertinggi.



Gambar 3. Peta Wilayah Kumuh Wilayah Kota Pangkal Pinang dalam Hm^2 .

Gambar 3 menunjukkan bahwa 3 kecamatan yang ada di kota Pangkal Pinang memiliki wilayah kumuh dari total 7 kecamatan. Wilayah kumuh terluas ada di kecamatan Pangkal Balam dan Taman Sari yang ditunjukkan warna merah berdasarkan kasus demam berdarah Pangkal Balam memiliki kasus demam berdarah yang kecil dibandingkan Taman Sari yang memiliki kasus demam berdarah sedang, dan wilayah kumuh terendah ada di kecamatan Bukit Intan yang ditunjukkan warna ungu berdasarkan jumlah kasus demam berdarah Bukit Intan memiliki kasus demam berdarah besar padahal wilayah kumuh yang ada di Bukit Intan kecil, untuk wilayah Rangkui, Girimaya, Gabek dan Gerunggang tidak memiliki wilayah kumuh sedangkan berdasarkan kasus demam berdarah wilayah Rangkui dan Girimaya memiliki kasus demam berdarah sedang dibandingkan wilayah Gabek dan Gerunggang yang memiliki kasus demam berdarah tinggi padahal keempat wilayah ini tidak memiliki wilayah yang kumuh.

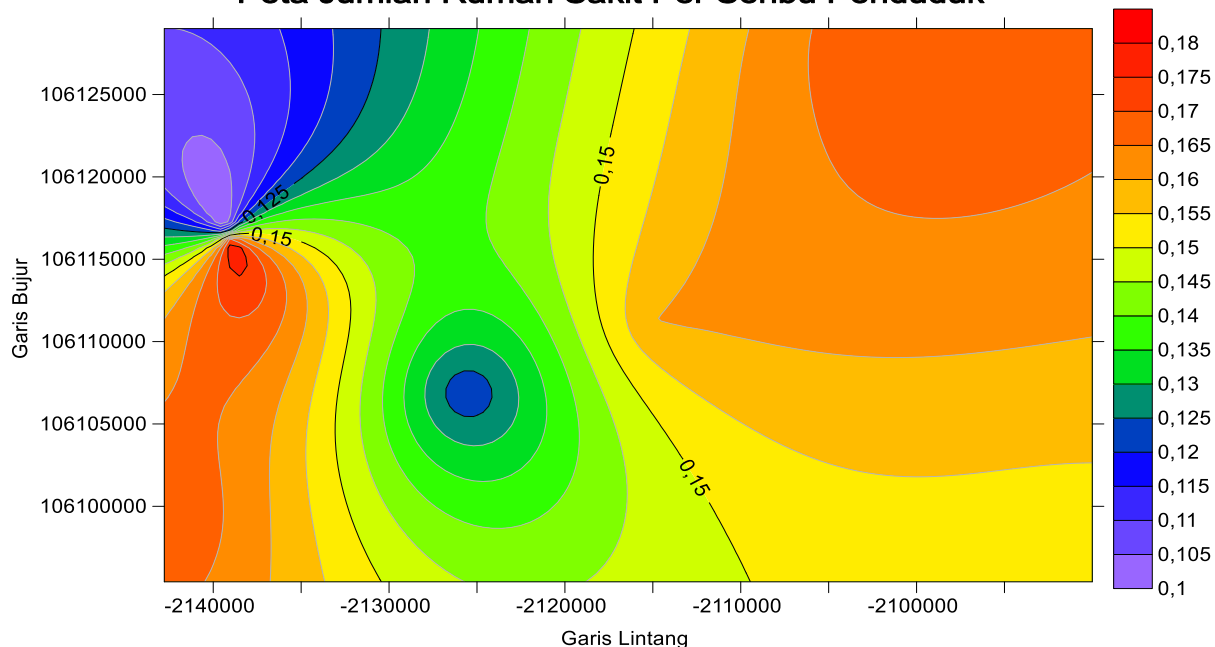
Peta Kepadatan Penduduk Kota Pangkal Pinang



Gambar 4.Peta Kepadatan Penduduk Kota Pangkal Pinangper Km^2 .

Gambar 4 menunjukkan Bahwa kepadatan penduduk tertinggi ada di wilayah Rangkui yang ditunjukkan warna merah, kemudian disusul wilayah Taman Sari yang berwarna merah agak oren berdasarkan kasus demam berdarah wilayah Rangkui dan Taman Sari memiliki kasus demam berdarah tingkat sedang. Kepadatan penduduk tingkat sedang ada di wilayah Girimaya dan Pangkal Balam dengan warna hijau namun berdasarkan kasus demam berdarah wilayah Girimaya memiliki kasus demam berdarah yang sedang berbanding terbalik dengan wilayah Pangkal Balam yang memiliki kasus demam berdarah terkecil. Kepadatan penduduk rendah ada di wilayah Bukit Intan, Gabek, dan Gerunggang yang berwarna ungu namun berdasarkan kasus demam berdarah wilayah Bukit Intan, Gabek, dan Gerunggang memiliki kasus demam berdarah yang besar.

Peta Jumlah Rumah Sakit Per Seribu Penduduk



Gambar 5. Jumlah Rumah Sakit Per Seribu Penduduk di Kota Pangkal Pinang

Gambar 5 menunjukkan jumlah rumah sakit per seribu penduduk di kota Pangkal Pinang dengan jumlah terbanyak ada di wilayah Girimaya warna merah dan jumlah terkecil ada di wilayah Bukit Intan berwarna ungu berdasarkan jumlah kasus demam berdarah wilayah Girimaya memiliki kasus demam berdarah tingkat sedang dan wilayah Bukit Intan memiliki kasus demam berdarah besar. Hal ini menunjukkan adanya korelasi antara kasus demam berdarah dengan jumlah rumah sakit per seribu penduduk. Hal ini dikarenakan kurangnya jumlah rumah sakit yang mampu menangani Kasus Demam Berdarah.

Berdasarkan gambar 1, gambar 2, gambar 4, dan gambar 5. disimpulkan secara deskriptif bahwa ada hubungan kasus demam berdarah dengan variabel titik rawan banjir, kepadatan penduduk dan jumlah rumah sakit per seribu penduduk. namun pada gambar 3 kasus demam berdarah tidak memiliki hubungan dengan variabel wilayah kumuh. agar lebih meyakinkan hasil maka diperlukan regresi spasial.

ANALISIS SPASIAL

Tabel 3 menunjukkan hasil uji asumsi klasik model regresi linier. Nilai P-Value dari uji asumsi normalitas dan uji asumsi homoskedastisitas lebih besar dari 0,05 yang menandakan bahwa asumsi normalitas dan homoskedastisitas terpenuhi. Tabel 3 juga menunjukkan bahwa nilai *durbin watson* (d) berada di antara $dL < d < dU$ yang dapat disimpulkan asumsi non autokorelasi terpenuhi, dan nilai VIF lebih kecil dari 10 untuk semua variabel kecuali untuk variabel jumlah rumah sakit per seribu penduduk (X_4). dapat disimpulkan bahwa asumsi non autokorelasi dan asumsi non multikolinieritas terpenuhi tetapi tidak dengan variabel jumlah rumah sakit per seribu penduduk. Hal ini dikarenakan prasarana dan fasilitas rumah sakit untuk penanganan demam berdarah masih sangat kurang sebagaimana ditunjukkan jumlah rumah sakit per seribu penduduk yang mampu memfasilitasi demam berdarah tidak mencapai 1 rumah sakit per seribu penduduk. Walaupun telah dilakukan transformasi variabel jumlah sakit per seribu penduduk (X_4) nilai VIF masih lebih dari 10.

Tabel 3. Hasil Asumsi Klasik Model Regresi Linier

Uji Statistik	Hasil
Uji Normalitas (Shapiro-Wilk)	P-Value = 0.566
Non Autokorelasi (Durbin-Watson)	1.492 ($dL=1.2546$ $dU=1.7814$)
Non Multikolinieritas (VIF)	(X_1) 6.249, (X_2) 7.663, (X_3) 7.447, (X_4) 11.167
Homoskedastisitas (Breusch-Pagan)	P-Value = 0,066

Meskipun model regresi linier memenuhi asumsi, tetapi harus diselidiki autokorelasi setiap kecamatan dengan uji *Moran's I*. sebelum uji *Moran's I* maka perlu dilakukan pembobotan matriks spasial. Matriks bobot spasial menggunakan bobot spasial ketetanggaan (*Contiguity*). Jenis ketetanggaan matriks pembobot spasial adalah *Queen*. Berikut tabel autokorelasi dengan uji *Moran's I*.

Tabel 4. Hasil Autokorelasi Spasial dengan Uji Moran's I

Variabel	Statistik Moran's I	P-Value ($\alpha=5\%$)
Jumlah Kasus Demam Berdarah	0.243	0.05×10^{-3} *
Jumlah Wilayah Rawan Banjir	0.171	0.0630
Jumlah RT Kumuh	0.354	0.0412*
Kepadatan Penduduk	0.255	0.0980
Jumlah Rumah Sakit Per Seribu Penduduk	0.214	0.0018*

*) Signifikan

Berdasarkan Tabel 4 ada autokorelasi spasial pada jumlah kasus demam berdarah karena nilai P-Value lebih kecil dari 0,05. Dua dari empat variabel yaitu jumlah wilayah rawan banjir dan kepadatan penduduk menunjukkan adanya autokorelasi spasial. Nilai statistik *Moran's I* berada diantara 0 dan 1, yang memiliki arti bahwa semakin dekat suatu wilayah semakin mirip nilai variabelnya.

Tabel 5. Hasil Uji LR dan Lm, Nilai Value AIC

Uji	Nilai	P-Value ($\alpha=5\%$)	AIC
LR	8.8213	0,0008	642.7162
LM_{LAG}	6.5210	0.0075	631.7482
LM_{ERR}	5.3124	0.0235	641.3610

Uji *Likelihood Ratio* (LR) digunakan agar bisa mendapatkan model mana yang terbaik, regresi spasial atau regresi linier. Sedangkan uji *Lagrange Multiplier* (LM) digunakan untuk mengecek ketergantungan spasial pada variabel dependen (*Lag*), variabel tidak diteliti (*error*), atau keduanya (*error* dan *Lag*). Tabel 5 hasil uji LR dan LM yang sudah dilakukan. Menurut hasil dari tabel 5, uji LR signifikan karena nilai P-Value kurang dari 0,05, yang menandakan bahwa ada perbedaan signifikan dari model regresi spasial dan model regresi linier. Bisa dilihat juga nilai AIC model regresi linier lebih besar dibanding kedua model regresi spasial, ketergantungan spasial pada *Lag* serta ketergantungan spasial pada *error* merupakan signifikan dilihat dari nilai P-Value lebih kecil dari 0,05. Tetapi Penelitian menggunakan model SAR karena AIC yang didapatkan lebih rendah dibanding AIC Model SEM. Tabel 6 menunjukkan hasil proyeksi parameter model SAR.

Tabel 6. Proyeksi Parameter model SAR

	Proyeksi	Std. Error	Z-Value	Pr(> z)
(Intersep)	15.118	23.604	0.5412	0.2518
Jumlah Titik rawan banjir	2.8640	0.768	2.916	0.0001*
Jumlah RT Kumuh	0.1364	0.112	1.3218	0.1752
Kepadatan Penduduk dalam Km^2	-0.0001	0.0003	-0.3620	0.5219
Jumlah Rumah Sakit per seribu Penduduk	1.0029	415.00	0.0029	0.9911
Spasial Lag (Rho)	0,56667	0,14680	4.5414	0.000072*
Statistik Wald: 14.860; P-Value: 0,000072				

*)Signifikan

Dari tabel 6, variabel spasial lag (*Rho*) menurut statistik signifikan positif, yang menunjukkan semakin banyak kasus demam berdarah di kecamatan meningkat, maka kasus demam berdarah disekitar juga semakin meningkat. Nilai P-Value uji *wald* lebih kecil dari 0,05 menandakan terdapat hubungan signifikan antara kasus demam berdarah di kota Pangkal Pinang dengan faktor prediktor. Jumlah kasus demam berdarah di kota Pangkal Pinang secara signifikan dipengaruhi jumlah titik rawan banjir, luas wilayah kumuh, kepadatan penduduk, jumlah rumah sakit per seribu penduduk, dan *spatial lag* (*Rho*). Dari signifikansi 5% hanya jumlah titik rawan banjir dan *spatial lag* (*Rho*) memberi pengaruh signifikan jumlah demam berdarah di kota Pangkal Pinang. Hal ini sama dengan penelitian yang pernah dilakukan Lilis Wijaya tahun 2018, dimana ia meneliti banjir menyebabkan penyakit setelah banjir seperti *Leptospirosis*, Infeksi Saluran Pernapasan Atas (ISPA), Diare, *Stunting*, Alergi Kulit, dan lainnya [25]. [21] menjelaskan nyamuk *aedes aegypti* mampu hidup lama jika kelembapan udara semakin tinggi, contoh saat musim hujan, terutama untuk titik rawan banjir, dimana masih terdapat genangan air yang membuat penyebaran demam berdarah meluas [2].

Jumlah wilayah kumuh dan jumlah rumah sakit per seribu penduduk mempunyai tanda koefisien yang serupa dengan penelitian sebelumnya [1],[5]. Tanda koefisien menyatakan arah bahwa hubungan setiap

variabel prediktor dengan jumlah kasus demam berdarah. Walaupun penelitian pengaruh hampir signifikan dengan P-Value masih terletak dibawah 0,2 berarti tingkat kesalahan masih dibawah 20%. variabel kepadatan penduduk dan jumlah rumah sakit per seribu penduduk memiliki tanda koefisien berbeda dibandingkan penelitian sebelumnya [5],[6] Tetapi nilai P sangat tidak signifikan karena nilai P-Value lebih dari 0,5 berarti tingkat kesalahan diatas 50%. Menurut hasil proyeksi parameter pada tabel 6, bentuk model *spatial autoregressive* (SAR) dijabarkan sebagai berikut :

$$\hat{y}_i = 0,56667 \sum_{j=1, i \neq j}^n W_{ij} y_j + 15.118 + 2.8640 X_{1i} + 0.1364 X_{2i} - 0.0001 X_{3i} + 1.0029 X_{4i}$$

Pengaruh *kovariat* model *spatial autoregressive* (SAR) dibagi tiga kriteria yaitu pengaruh total, pengaruh tidak langsung, dan pengaruh langsung [15]. Pengaruh total mengarahkan pada perubahan terjadi di satu kecamatan sebagai imbas dari perubahan dikecamatan itu dan sekitarnya. Pengaruh tidak langsung mengarahkan pada perubahan yang terjadi saat faktor prediktor di perbatasan kecamatan mengalami perubahan. Pengaruh lokal dalam penelitian ini yaitu kecamatan, sebagai imbas dari perubahan faktor prediktor di kecamatan. Kecamatan dapat dikatakan sebagai pengaruh langsung. Besarnya pengaruh langsung maupun tidak langsung pada tabel 7 menandakan model *spatial autoregressive* yang digunakan selama penelitian.

Tabel 7. Nilai Pengaruh Langsung, Tidak Langsung dan Total melalui model SAR

Variabel	Pengaruh Langsung	P-Value Pengaruh Langsung	Pengaruh Tidak Langsung	P-Value Pengaruh Tidak Langsung	Pengaruh Total	P-Value Pengaruh Total
Jumlah Wilayah rawan banjir	3.4802	0.0001*	4.1685	0.0768	8.0975	0.0118*
Luas Wilayah Kumuh	0.1814	0.3018	0.3012	0.4215	0.4260	0.2852
Kepadatan Penduduk	-0.0002	0.5802	-0.0003	0.8116	-0.0006	0.7012
Jumlah Rumah Sakit Per seribu penduduk	3.1214	0.8733	3.2816	0.3010	7.0138	0.9810

*) Signifikan

Tabel 7 menampilkan bahwa jumlah wilayah rawan banjir di kota Pangkal Pinang memiliki pengaruh langsung yang besar terhadap demam berdarah. Tidak ada variabel signifikan terhadap demam berdarah di kota Pangkal Pinang. Menurut output analisis pengaruh tidak langsung jumlah wilayah rawan banjir di kota Pangkal Pinang berpengaruh signifikan terhadap kasus demam berdarah. Perluasan wilayah rawan banjir berpengaruh langsung terhadap jumlah kasus demam berdarah di kota Pangkal Pinang. Setiap peningkatan satu persen titik rawan banjir di satu kecamatan akan meningkatkan 3.48 kasus demam berdarah di kecamatan itu.

Tabel 8. Uji Diagnosis Model Spasial Autoregressive (SAR)

Uji Statistik	P-Value	Kesimpulan
Uji Normalitas (Shapiro-Wilk)	0.9012	Residual terdistribusi normal
Uji LM Autokorelasi Residual	0.8629	Tidak terdapat Autokorelasi antar Residual



Uji Homogenitas (Breusch-Pagan) 0.7438

Asumsi Homogenitas dipenuhi

Sangat penting melakukan uji diagnosis yang mengimplikasikan homogenitas, normalitas, dan non-autokorelasi untuk membuktikan kualitas model *spasial autoregressive* (SAR). Model SAR memenuhi semua asumsi seperti yang ditampilkan pada tabel 8.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Uji *Moran's I* menyatakan bahwa jumlah titik rawan banjir, dan kepadatan penduduk memiliki korelasi spasial namun luas wilayah kumuh, jumlah rumah sakit per seribu penduduk tidak memiliki korelasi secara geografis. Menurut uji *Lagrange Multiplier*, model spasial yang paling cocok digunakan yaitu model *spasial autoregressive* (SAR). Pertumbuhan wilayah rawan banjir di kota Pangkal Pinang berpengaruh langsung terhadap penambahan kasus demam berdarah. Setiap penambahan satu persen di satu kecamatan akan meningkatkan 3.48 kasus Demam Berdarah di kecamatan itu. Output Model SAR Valid sebab memenuhi asumsi normalitas, tidak adanya autokorelasi, dan homogenitas. Saran dari penulis kepada pemerintah kota Pangkal Pinang untuk penanganan kasus khususnya demam berdarah di kota Pangkal Pinang adalah penanggulangan jumlah kawasan rawan banjir dengan meningkatkan fasilitas resapan air yang baik dan pencegahan kawasan genangan air, penanganan kepadatan penduduk, serta meningkatkan fasilitas rumah sakit per seribu penduduk.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan jurnal matematika ini. Penulis menyadari tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak, cukup sulit bagi penulis menyelesaikan pembuatan jurnal ini. Oleh sebab itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Seluruh dosen Jurusan Matematika Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung yang telah memberi ilmu statistika, aljabar, metodologi penelitian, komputasi, peramalan, dan analisis selama masa perkuliahan baik secara online maupun secara offline dalam pemahaman terhadap ilmu yang berkaitan selama pembuatan jurnal.
2. Badan Pusat Statistik (BPS) Nasional, BPS Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, BPS Kota Pangkal Pinang yang telah memberikan data Penelitian.
3. Dinas Kesehatan Kota Pangkal Pinang yang telah memberikan data penelitian
4. Dinas Komunikasi Informatika dan Statistik Kota Pangkal Pinang yang telah memberikan data penelitian
5. Semua peneliti jurnal disebutkan dalam daftar pustaka yang mempermudah penulis menyelesaikan jurnal dengan menjadikan jurnal itu sebagai penguat hasil penelitian.
6. Teman penulis yang memberikan dukungan baik berupa tenaga dan jasa hingga selesainya pembuatan jurnal
7. Orang tua yang memberikan semangat dan doa yang ikhlas kepada penulis



DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. N. Avida *et al.*, “Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) Sebagai Upaya Pencegahan Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Yogyakarta,” *J. Pengabdi. Serulingmas*, vol. 2, no. 1, pp. 23–25, 2022.
- [2] R. K. Sari, I. Djamaluddin, Q. Djam’an, and T. Sembodo, “Pemberdayaan Masyarakat dalam Upaya Pencegahan Demam Berdarah Dengue DBD di Puskesmas Karangdoro,” *J. ABDIMAS-KU J. Pengabdi. Masy. Kedokt.*, vol. 1, no. 1, p. 25, 2022, doi: 10.30659/abdimasku.1.1.25-33.
- [3] L. Faridah *et al.*, “Temporal Correlation Between Urban Microclimate, Vector Mosquito Abundance, and Dengue Cases,” *J. Med. Entomol.*, vol. 59, no. 3, pp. 1008–1018, 2022, doi: 10.1093/jme/tjac005.
- [4] D. Tarmana, “Potensi Peluang Demam Berdarah Dengue (Dbd) Berdasarkan Proyeksi Perubahan Iklim (Study Kasus : Dki Jakarta),” *Indones. J. Infect. Dis.*, vol. 1, no. 2, pp. 14–22, 2017, doi: 10.32667/ijid.v1i2.8.
- [5] I. F. Fatati, H. Wijayanto, and A. M. Sholeh, “Analisis Regresi Spasial Dan Pola Penyebaran Pada Kasus Demam Berdarah Dengue (Dbd) Di Provinsi Jawa Tengah,” *Media Stat.*, vol. 10, no. 2, p. 95, 2017, doi: 10.14710/medstat.10.2.95-105.
- [6] M. Sobari, I. G. N. M. Jaya, and B. N. Ruchjana, “Spatial Analysis of Dengue Disease in Jakarta Province,” *CAUCHY J. Mat. Murni dan Apl.*, vol. 7, no. 4, pp. 535–547, 2023, doi: 10.18860/ca.v7i4.17423.
- [7] I. G. N. M. Jaya, F. Kristiani, Y. Andriyana, and B. N. Ruchjana, “Modeling dengue disease transmission for juvenile in bandung, indonesia,” *Commun. Math. Biol. Neurosci.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.28919/cmbn/5435.
- [8] BPS Kota Pangkal Pinang, “Kependudukan Menurut Badan Pusat Statistik Kota Pangkal Pinang,” “Kepadatan Penduduk Kota Pangkal Pinang, 2022.” [Online]. Available: <https://pangkalpinangkota.bps.go.id/subject/12/kependudukan.html#subjekViewTab3>
- [9] A. Hariyanto, “Strategi Penanganan Kawasan Kumuh Sebagai Upaya Menciptakan Lingkungan Perumahan dan Permukiman yang Sehat,” *J. PWK Unisba*, vol. 7, no. 2, pp. 11–37, 2022.
- [10] Badan Pusat Statistik Nasional, “Kemiskinan Menurut Badan Pusat Statistik.” [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2023/07/17/2016/profil-kemiskinan-di-indonesia-maret-2023.html>
- [11] Badan Pusat Statistik Kota Pangkal Pinang, “Jumlah Kasus Penyakit Menurut Kecamatan dan Jenis Penyakit di Puskesmas di Kota Pangkal Pinang, 2019-2022.” [Online]. Available: <https://pangkalpinangkota.bps.go.id/indicator/30/131/1/jumlah-kasus-penyakit-menurut-kecamatan-dan-jenis-penyakit-di-puskesmas-di-kota-pangkalpinang.html>
- [12] N. Faiz, R. Rahmawati, and D. Safitri, “Analisis Spasial Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue Dengan Indeks Moran dan Geary’s C,” *J. Gaussian*, vol. 2, no. 1, pp. 69–77, 2013, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- [13] BPS Kota Pangkal Pinang, “Jumlah Kelurahan yang Mengalami Banjir Menurut Kecamatan di Kota Pangkalpinang.” [Online]. Available: <https://pangkalpinangkota.bps.go.id/indicator/153/162/1/jumlah-kelurahan-yang-mengalami-banjir-menurut-kecamatan-di-kota-pangkalpinang.html>
- [14] BPS Kota Pangkal Pinang, “Data Pemerintah Kota Pangkalpinang. Jumlah Kasus Demam Berdarah, Jumlah Titik Rawan Banjir, Kepadatan Penduduk, Jumlah Rumah Sakit per seribu penduduk,” 2023, [Online]. Available: <https://pangkalpinangkota.bps.go.id/>



- [15] H. I. Zebua and I. G. N. M. Jaya, "Spatial Autoregressive Model of Tuberculosis Cases in Central Java Province 2019," *CAUCHY J. Mat. Murni dan Apl.*, vol. 7, no. 2, pp. 240–248, 2022, doi: 10.18860/ca.v7i2.13451.
- [16] R. Durbin, *SAGE Handbook of Spatial Analysis "Spatial Weight."* 2009. [Online]. Available: [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=phEgXfbCU_YC&oi=fnd&pg=PP1&dq=R.+Durbin,+\"Spatial+Weight,\"+in+The+SAGE+Handbook+of+Spatial+Analysis,+A.+\"S.Fotheringham+dan+P.+A.+Rogerson,+Eds.+London+:+SAGE+Publications+Ltd,2009,+pp.+125-\"130.&ots=JU7DK22xMj&sig=6qGLU5bAX4BRT7ReodZGFlv-9fc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=phEgXfbCU_YC&oi=fnd&pg=PP1&dq=R.+Durbin,+\)
- [17] N. Anselin, "Spatial Econometrics," in *A Companion to Theoretical Econometrics*. 2001. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470996249>
- [18] N. Anselin, "Lagrange Multiplier Test Diagnostics for Spatial Dependence and Spatial Heterogeneity." 1988. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470996249>
- [19] C. Song *et al.*, "Disease relative risk downscaling model to localize spatial epidemiologic indicators for mapping hand, foot, and mouth disease over China," *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, vol. 33, no. 10, pp. 1815–1833, 2019, doi: 10.1007/s00477-019-01728-5.
- [20] H. Yasin, A. R. Hakim, and B. Warsito, *Regresi Spasial (Aplikasi dengan R)*. 2020.
- [21] W. Wang *et al.*, "Reclaiming independence in spatial-clustering datasets: A series of data-driven spatial weights matrices," *Stat. Med.*, vol. 41, no. 15, pp. 2939–2956, 2022, doi: 10.1002/sim.9395.
- [22] M. Huda *et al.*, "Understanding Modern Learning Environment (MLE) in big data era," *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 13, no. 5, pp. 71–85, 2018, doi: 10.3991/ijet.v13i05.8042.
- [23] Nyoman Dina Safitri, "CHARACTERISTICS OF MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION (MLE) ON LAG SPATIAL REGRESSION MODEL," 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1595750><https://doi.org/10.1080/17518423.2017.1368728><http://dx.doi.org/10.1080/17518423.2017.1368728><https://doi.org/10.1016/j.riidd.2020.103766><https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1689076><https://doi.org/>
- [24] S. S. Handajani, H. Pratiwi, and Y. Susant, "Hybrid Ensemble Spatial Regression Model for Case Number of Dengue Hemorrhagic Fever in Central Java Province," 2023, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8673363>
- [25] M. G. Saputra and F. Ummah, "Kesiapan Masyarakat dalam Menghadapi Penyakit Pasca Banjir di Dusun Lohgawe Desa Gawerejo Kecamatan Karangbinangun Kabupaten Lamon gan," *J. Adm. Rumah Sakit Indones. journal.fkm.ui.ac.id*, 2022, [Online]. Available: