

# Pemetaan Risiko Relatif Kasus Demam Berdarah Dengue di Kota Makassar Menggunakan Model Bayesian Spasial

Andi Feriansyah<sup>1</sup>, Idul Fitri Abdullah<sup>1</sup>, Siti Choitotun Aisyah Putri<sup>1</sup>,  
Mardatunnisa Isnaini<sup>1</sup> dan Aswi Aswi<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Statistics Departmen, Universitas Negeri Makassar, Indonesia.

\*Corresponding author: [\\*aswi@unm.ac.id](mailto:aswi@unm.ac.id)

Received: 2 February 2023

Revised: 23 August 2023

Accepted: 15 September 2023

**ABSTRAK** – Demam Berdarah *Dengue* (DBD) adalah salah satu penyakit yang masih merupakan masalah pada kesehatan masyarakat di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan risiko relatif (RR) kasus DBD di Kota Makassar dengan menggunakan dua model Spasial *Conditional Autoregressive* (CAR) dengan menggunakan pendekatan Bayesian yaitu model Besag-York-Mollié (BYM) dan Leroux. Data yang digunakan merupakan data kasus DBD tahun 2016-2018 untuk 15 wilayah Kecamatan di Kota Makassar. Model terbaik dipilih berdasarkan pada kriteria kecocokan model, yaitu *Watanabe Akaike Information Criterion* (WAIC) dan *Deviance Information Criterion* (DIC). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model terbaik yang digunakan untuk memetakan RR kasus DBD tahun 2016 dan 2017 adalah model CAR BYM, sedangkan model terbaik untuk tahun 2018 adalah model CAR Leroux. Berdasarkan hasil analisis disimpulkan bahwa pada tahun 2016 wilayah dengan RR tertinggi adalah Kecamatan Manggala dan terendah adalah Kecamatan Tamalate. Pada tahun 2017, wilayah dengan RR tertinggi adalah Kecamatan Ujung Pandang dan terendah adalah Kecamatan Biringkanaya. Sedangkan pada tahun 2018, wilayah dengan RR tertinggi adalah Kecamatan Ujung Tanah dan terendah adalah Kecamatan Tamalate. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu membantu pemerintah dalam pelaksanaan program upaya penanggulangan penyakit DBD di Kota Makassar secara efektif dan efisien.

**Kata kunci**– DBD, Pemetaan Risiko Relatif, CAR BYM, CAR Leroux.

**ABSTRACT** – *Dengue Hemorrhagic Fever* (DHF) is a disease that is still a main problem in public health in Indonesia. This study aims to map the relative risk (RR) of dengue cases in Makassar City using the Spatial Conditional Autoregressive (CAR) model with Bayesian approaches: Besag-York-Mollié (BYM) and Leroux models. The data used in this study is DHF case data from 2016 to 2018 for 15 sub-districts in Makassar City. The best model was based on the model fit criteria, namely Watanabe Akaike Information Criteria (WAIC) and Deviance Information Criteria (DIC). The results indicate that the best model used to map the RR for DHF cases in 2016 and 2017 is the BYM CAR model, while the best model for 2018 is the Leroux CAR model. Based on the results of the analysis, it was concluded that in 2016 the area with the highest RR was Manggala District and the lowest RR was Tamalate District. In 2017, the area with the highest RR was Ujung Pandang District and the lowest RR was Biringkanaya District. Meanwhile, in 2018, the area with the highest dan the lowest RR was Ujung Tanah and Tamalate Districts, respectively. The results of this study are expected to be able to assist the government in implementing the program to control dengue fever in Makassar City effectively and efficiently.

**Keywords**– *Dengue Hemorrhagic Fever*, *Relative Risk Mapping*, CAR BYM, CAR Leroux.

## I. PENDAHULUAN

Penyakit menular Demam Berdarah *Dengue* (DBD) di Indonesia masih merupakan masalah utama bagi kesehatan masyarakat. Luas penyebaran serta jumlah penderitanya semakin bertambah sejalan dengan mobilitas serta kepadatan penduduk yang meningkat pesat. Penyakit DBD umumnya menyerang anak-anak (usia <15 tahun) maupun juga orang dewasa. Penyakit DBD ditemukan pertama kali pada tahun 1968 di Kota Surabaya dengan penderita sebanyak 58 orang dimana 24 orang meninggal dunia. Angka Kematian (AK) akibat penyakit DBD tersebut sebesar 41,3 %. Penyakit DBD telah menyebar secara luas ke seluruh daerah yang ada di Indonesia sejak saat itu [1].

Indonesia yang letak geografisnya berada di garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia beriklim tropis, sehingga hanya memiliki dua musim di setiap tahunnya. Perubahan musim ini menyebabkan dampak negatif, salah satunya yaitu terjadinya penyebaran penyakit menular seperti DBD. Hal ini disebabkan karena vektor penularan penyakit DBD memiliki karakteristik yang sesuai dengan kondisi lingkungan pada saat musim hujan. Vektor penyakit DBD Indonesia adalah *Aedes aegypti*. Hasil survei jentik yang dilakukan oleh Depkes pada tahun 1992 terhadap 7 kota di Pulau Kalimantan, Sumatera dan Jawa, menunjukkan bahwa tempat umum yang ditemukan jentik dan rata-rata persentase rumah (Premis index) tergolong cukup tinggi (28%) [2].

Beberapa penelitian relevan yang telah dilakukan terkait penyakit DBD adalah penelitian yang bertujuan untuk memetakan kasus *dengue* di Kabupaten Aceh dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis [3]. Sebuah penelitian menggunakan metode *Spatial Autoregressive* (SAR) telah dilakukan juga dengan tujuan meminimalisir penyebaran penyakit DBD di Kota Gorontalo [4]. Penelitian terkait juga dilakukan di Kabupaten Klaten yang bertujuan untuk penentuan wilayah prioritas penanganan DBD, hubungan antara curah hujan terhadap kasus DBD, dan mengetahui tingkat kerawanan DBD dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis [5]. Akan tetapi, penelitian tersebut tidak menggunakan model Bayesian.

Beberapa model Bayesian spasial telah digunakan dalam menggambarkan pola spasial untuk data area, seperti *Generalised Linear Mixed Model* (GLMM) untuk menyusun model data longitudinal dari trombosit jumlah penderita DBD [6]. Sebuah penelitian juga dilakukan untuk melihat variabilitas iklim dengan penyakit DBD di Kota Makassar dengan menggunakan model Bayesian *Spatio-temporal* [7]. Penelitian lain yang menggunakan model Bayesian spasial *Conditional Autoregressive* (CAR) antara lain adalah penelitian terkait kasus DBD di Kota Makassar tahun 2013-2015 dengan menggunakan model Bayesian CAR *Localised*. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi kelompok area yang berisiko rendah, sedang dan tinggi dari penyebaran kasus DBD [8].

Berdasarkan penelusuran yang telah dilakukan oleh peneliti, masih jarang dilakukan penelitian terkait model Bayesian CAR Besag-York-Mollié (BYM) dan model CAR Leroux untuk kasus DBD di Kota Makassar. Penelitian yang menggunakan metode CAR BYM, CAR Leroux dan CAR *Localised* telah dilakukan untuk kasus DBD di Kota Makassar menggunakan data tahun 2002-2015 [9]. Penelitian mengenai pemetaan risiko relatif (RR) kasus demam berdarah di Kota Makassar dengan menggunakan model Bayesian spasial CAR Leroux juga telah dilakukan dengan menggunakan data 2011-2016 [10]. Dengan demikian, peneliti tertarik untuk melanjutkan penelitian menggunakan model Bayesian spasial CAR Leroux dan CAR BYM untuk kejadian DBD di Kota Makassar pada tahun yang lebih *update*, yaitu tahun 2016-2018. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan peta tematik RR penyakit DBD tahun 2016-2018, sehingga dapat diketahui perkembangan penyakit DBD yang terjadi di Kota Makassar. Dengan diketahuinya pemetaan RR penyakit DBD, diharapkan mampu membantu pemerintah dalam pelaksanaan program upaya penanggulangan penyakit DBD di Kota Makassar secara efektif dan efisien.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Autokorelasi Spasial

Indikator yang paling umum digunakan untuk mengukur ketergantungan spasial adalah Moran's I. Diusulkan oleh ahli statistik Patrick AP Moran pada tahun 1950 [11]. Statistik I Moran didefinisikan sebagai berikut:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (X_i - \bar{X})^2}$$

Dimana  $n$  adalah jumlah area,  $X_i$  dan  $X_j$  adalah data pengamatan pada area  $i$  dan  $j$ ,  $\bar{X}$  adalah nilai rata-rata (*mean*) dari data pengamatan,  $\omega_{ij}$  merupakan matriks pembobot spasial.

### B. Matriks Pembobot Spasial

Matriks pembobot spasial ( $\omega_{ij}$ ) adalah komponen penting yang digunakan dalam memodelkan data spasial. Matriks ini berukuran  $n \times n$  tak negatif yang menspesifikasikan himpunan ketetanggaan pada setiap unit amatan spasial. Ada beberapa tipe matriks pembobot spasial yaitu Rook Contiguity (persentuhan sisi antar wilayah yang saling bertetangga), dan Bishop Contiguity (persentuhan sudut antar wilayah yang saling bertetangga), dan Queen Contiguity (persentuhan sisidam titik sudut antar wilayah yang saling bertetangga).

### C. Analisis Bayesian

Berbeda dengan statistik klasik, Metode Bayesian mengasumsikan bahwa semua parameter tidak diketahui dianggap sebagai variabel acak. Dalam analisis Bayesian, distribusi posterior adalah sebanding dengan perkalian dari distribusi prior dan likelihood [12].

### D. Perbandingan Model

Untuk mengukur seberapa baik data yang diamati cocok dengan model, statistik kecocokan biasanya digunakan. Beberapa ukuran kecocokan model yang biasa digunakan yaitu: Bayesian Information Criterion (BIC), Akaike information criterion (AIC), dan Deviance information criterion (DIC) [13]. Kriteria informasi Watanabe-Akaike (WAIC) [14] dapat dilihat sebagai kemajuan pada DIC untuk model Bayesian. DIC dan WAIC digunakan dalam mengevaluasi performa dari model karena inferensi Bayesian melalui algoritma Markov Chain Monte Carlo (MCMC) diimplementasikan pada model CAR BYM dan CAR Leroux. Walaupun WAIC memiliki banyak keuntungan dibandingkan DIC, WAIC masih kurang digunakan dalam praktik karena membutuhkan langkah komputasi tambahan [15].

### III. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang sudah dipublikasi oleh Badan Pusat Statistik (BPS). Data yang digunakan adalah data kasus DBD di Kota Makassar tahun 2016-2018 yang diambil dari Publikasi Makassar dalam Angka pada tahun 2017-2019 [16][17][18]. Data yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan model Bayesian.

Pada penelitian ini, model Bayesian spasial CAR yang digunakan adalah model CAR BYM dan model CAR Leroux. Model tersebut dijelaskan sebagai berikut.

#### 1. Model Bayesian Spasial CAR BYM

Model BYM merupakan salah satu model Bayesian Hierarki model yang menggabungkan komponen acak spasial terstruktur ( $u_i$ ) yang mempunyai prior CAR dan komponen acak tidak terstruktur ( $v_i$ ) yang mempunyai prior normal ke dalam model log-linier untuk RR yang dituliskan sebagai berikut:

$$y_i \sim \text{Poisson}(E_i \theta_i)$$

$$\log(\theta_i) = \alpha + u_i + v_i$$

dimana

$$(u_i | u_k, i \neq k, \tau_u^2) \sim N\left(\frac{\sum_k u_k \omega_{ik}}{\sum_k \omega_{ik}}, \frac{\tau_u^2}{\sum_k \omega_{ik}}\right)$$

$$\tau_u^2 \sim \text{Inverse - Gamma}(1; 0,1)$$

Pada artikel ini, ada empat hyperprior yang digunakan untuk  $\tau_u^2$ , yaitu Invers-Gamma (IG) (1; 0,01), IG (1; 0,1), IG (0,5; 0,05) dan IG (0,5; 0,0005)

#### 2. Model Bayesian Spasial CAR Leroux

Model Leroux adalah model yang hanya terdiri dari komponen spasial terstruktur  $u_i$  (mengkombinasikan prior CAR dan prior normal) dimana nilai  $\rho$  memungkinkan nilai yang bervariasi (0-1). Jika  $\rho = 0$  diperoleh model independent dan jika  $\rho = 1$ , diperoleh model ICAR. Model tersebut diberikan sebagai berikut:

$$y_i \sim \text{Poisson}(E_i \theta_i)$$

$$\log(\theta_i) = \alpha + u_i$$

dimana

$$(u_i | u_k, i \neq k, \tau_u^2) \sim N\left(\frac{-\rho \sum_k u_k \omega_{ik}}{\rho \sum_k \omega_{ik} + 1 - \rho}, \frac{\tau_u^2}{\rho \sum_k \omega_{ik} + 1 - \rho}\right)$$

$$\tau_u^2 \sim \text{Inverse - Gamma}(1; 0,01)$$

Hyperprior yang digunakan untuk  $\tau_u^2$  pada model Leroux adalah sama dengan yang digunakan pada mode BYM

Paket CARBayes versi 5.2.5 dengan menggunakan software R versi 4.1.3 digunakan untuk analisis data. Algoritma Markov Chain Monte Carlo (MCMC) dengan 20.000 iterasi (30.000 MCMC sampel setelah burn-in 10.000 sampel) digunakan untuk mendapatkan distribusi posterior. *Trace plot* digunakan untuk mengecek kekonvergenan setiap parameter. Pemilihan model terbaik dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari *Deviance Information Criteria* (DIC), maupun *Watanabe Akaike Information Criteria* (WAIC). Nilai uji statistik Moran's *I* untuk data kasus DBD dihitung guna melihat autokorelasi spasial antar wilayah [19].

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat 248 kasus DBD di Kota Makassar tahun 2016 dengan kasus tertinggi sebanyak 37 kasus di Kecamatan Biringkanaya, sedangkan pada Kepulauan Sangkarang tidak ditemukan kasus DBD. Kemudian pada tahun 2017, terjadi penurunan kasus DBD di Kota Makassar menjadi 135 kasus. Kasus tertinggi yaitu sebanyak 15 kasus ditemukan di Kecamatan Tamalate, sedangkan untuk Kepulauan Sangkarang masih tidak ada kasus DBD yang ditemukan seperti pada tahun 2016. Selanjutnya, tahun 2018 kasus DBD mengalami peningkatan kembali menjadi 256 kasus. Ditemukan sebanyak 41 kasus tertinggi di Kecamatan Panakukang, dimana Kepulauan Sangkarang masih tidak ada kasus DBD yang ditemukan.

Pengujian yang digunakan untuk melihat adanya autokorelasi spasial antar wilayah yang ada di Kota Makassar dapat dilakukan dengan menghitung statistik Moran's *I*. Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan statistik Moran's *I* diperoleh nilai Moran's *I* pada tahun 2016 sebesar 0,347 (p-value = 0,008) yang menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial pada data. Kemudian nilai Moran's *I* pada tahun 2017 sebesar 0,111 (p-value = 0,252) yang menunjukkan bahwa tidak terdapat autokorelasi spasial pada data. Sedangkan pada tahun 2018, nilai Moran's *I* sebesar 0,286 (p-value = 0,019) yang menunjukkan bahwa terdapat dependensi spasial pada data. Nilai DIC dan WAIC dari setiap model untuk tahun 2016-2018 dengan empat hyperprior yang berbeda-beda dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Nilai DIC dan WAIC dari setiap model Bayesian Spasial CAR

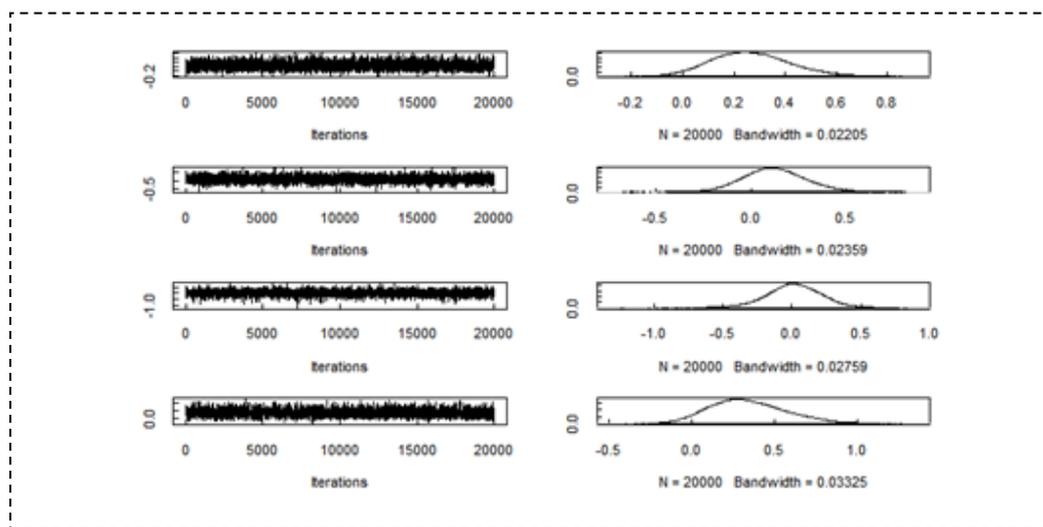
Tahun	Model	Hyperprior	DIC	WAIC
2016	CAR BYM	Inverse-Gamma (1; 0,01)	90,52	92,90
		Inverse-Gamma (1; 0,1)	<b>88,95</b>	<b>90,16</b>
		Inverse-Gamma (0,5; 0,05)	89,24	90,29
		Inverse-Gamma (0,5; 0,0005)	90,87	93,72
	Leroux	Inverse-Gamma (1; 0,01)	93,16	96,60
		Inverse-Gamma (1; 0,1)	89,34	90,56
		Inverse-Gamma (0,5; 0,05)	89,55	90,80
		Inverse-Gamma (0,5; 0,0005)	96,85	98,69
2017	CAR BYM	Inverse-Gamma (1; 0,01)	83,43	84,40
		Inverse-Gamma (1; 0,1)	<b>82,25</b>	<b>82,89</b>
		Inverse-Gamma (0,5; 0,05)	82,16	82,76
		Inverse-Gamma (0,5; 0,0005)	84,20	85,26
	Leroux	Inverse-Gamma (1; 0,01)	84,87	85,74
		Inverse-Gamma (1; 0,1)	82,52	83,35
		Inverse-Gamma (0,5; 0,05)	82,96	83,76
		Inverse-Gamma (0,5; 0,0005)	85,98	86,60
2018	CAR BYM	Inverse-Gamma (1; 0,01)	93,83	96,68
		Inverse-Gamma (1; 0,1)	92,95	95,02
		Inverse-Gamma (0,5; 0,05)	93,32	95,35
		Inverse-Gamma (0,5; 0,0005)	94,09	97,22
	Leroux	Inverse-Gamma (1; 0,01)	97,13	100,20
		Inverse-Gamma (1; 0,1)	<b>92,88</b>	<b>94,74</b>
		Inverse-Gamma (0,5; 0,05)	93,26	95,36
		Inverse-Gamma (0,5; 0,0005)	99,39	100,71

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh bahwa model terbaik untuk menaksir RR DBD untuk tahun 2016 adalah model CAR BYM dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (1; 0,1). Hal ini berdasarkan kriteria pemilihan model terbaik, yaitu dengan melihat nilai DIC dan WAIC yang terkecil. Model ini memiliki nilai DIC dan WAIC terkecil dibandingkan dengan model lainnya yaitu nilai DIC sebesar 88,95 dan nilai WAIC sebesar 90,16.

Untuk tahun 2017, model terbaik yang digunakan untuk menaksir RR DBD adalah model CAR BYM dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  yang sama dengan tahun 2016, yaitu IG (1; 0,1). Model ini memiliki nilai DIC sebesar 82,25 dan nilai WAIC sebesar 82,89. Terlihat pada Tabel 1, nilai DIC dan WAIC dari model CAR BYM dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (1; 0,1) dan model CAR BYM dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (0,5; 0,05) relatif sama. Sehingga model yang dipilih untuk menaksir risiko DBD adalah model CAR BYM dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (1; 0,1).

Untuk tahun 2018, model untuk menaksir RR DBD yang digunakan berbeda dengan tahun 2016 dan 2017. Pada tahun 2018, model terbaik yang digunakan adalah model CAR Leroux dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (1; 0,1). Model ini memiliki nilai DIC terkecil yaitu 92,88 dan nilai WAIC yaitu 94,74.

Hasil pengecekan kekonvergenan dari salah satu parameter spasial  $u_i$  untuk tahun 2018 menggunakan model Bayesian spasial CAR Leroux diberikan pada Gambar 1 berikut



Gambar 1. Trace plot diagnostik konvergensi model terbaik menggunakan model CAR Leroux dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (1; 0,1)

Berdasarkan Gambar 1, disimpulkan bahwa model menggunakan CAR Leroux dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (1; 0,1) telah konvergen. *Trace plot* menunjukkan bahwa sebaran sudah stasioner karena sebaran dari titik-titik tidak berubah sepanjang rantai Markovnya. Selain itu, *trace plot* juga menunjukkan pola yang *smooth* yang artinya model sudah konvergen.

Selanjutnya, banyaknya kasus DBD yang ada di Kota Makassar dan RR untuk setiap kecamatan berdasarkan model terbaik yaitu CAR BYM dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (1; 0,1) untuk tahun 2016 dan 2017 dan CAR Leroux dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (1; 0,1) untuk tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Banyaknya Kasus DBD dan RR untuk setiap kecamatan tahun 2016-2018 menggunakan model terbaik

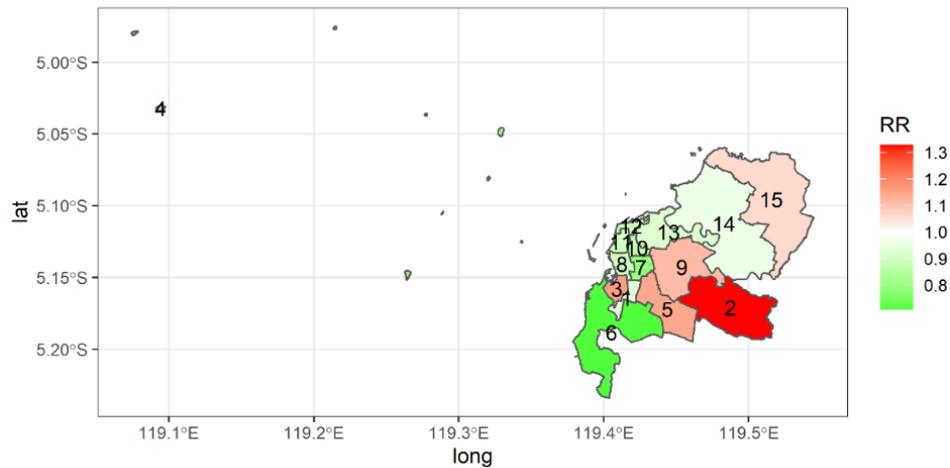
ID	Kecamatan	2016		2017		2018	
		Kasus DBD	RR	Kasus DBD	RR	Kasus DBD	RR
1	Mamajang	10	0,94	12	1,35	9	0,96
2	Manggala	35	<b>1,33</b>	14	1,01	21	0,94
3	Mariso	17	1,16	9	1,28	13	1,08
4	Sangkarrang	0	0,81	0	1,07	0	0,93
5	Rappocini	36	1,15	13	0,98	31	1,05
6	Tamalate	17	0,71	15	0,99	23	0,81
7	Makassar	7	0,79	6	1,02	14	1,02
8	Ujung Pandang	4	0,90	8	<b>1,36</b>	6	1,08
9	Panakukkang	31	1,12	14	1,02	41	1,33
10	Bontoala	7	0,87	4	1,04	13	1,16
11	Wajo	5	0,90	1	1,03	5	1,05
12	Ujung Tanah	5	0,89	5	1,17	15	<b>1,46</b>
13	Tallo	21	0,92	17	1,14	15	0,84
14	Tamalanrea	16	0,96	5	0,80	19	0,99
15	Biringkanaya	37	1,06	12	0,71	31	0,90

Berdasarkan Tabel 2, wilayah dengan nilai RR > 1 dikategorikan sebagai wilayah dengan risiko tinggi (di atas rata-rata), sedangkan wilayah dengan nilai RR < 1, dikategorikan sebagai wilayah dengan risiko rendah (di bawah rata-rata). Untuk tahun 2016, terlihat bahwa wilayah dengan RR tertinggi adalah Kecamatan Manggala (RR = 1,33), diikuti oleh Kecamatan Mariso (RR = 1,16) dan Kecamatan Rappocini (RR = 1,15). Sedangkan kecamatan yang termasuk dalam wilayah dengan RR terendah adalah Kecamatan Tamalate (RR = 0,71), diikuti oleh Kecamatan Makassar (RR = 0,79) dan Kepulauan Sangkarang (RR = 0,81).

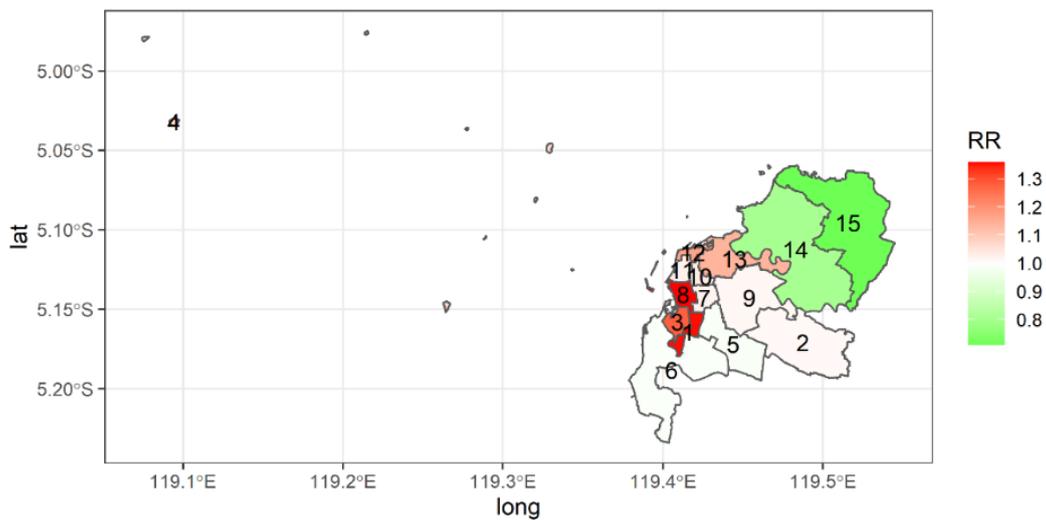
Untuk tahun 2017, wilayah dengan RR tertinggi adalah Kecamatan Ujung Pandang (RR = 1,36), diikuti oleh Kecamatan Mamajang (RR = 1,35) dan Kecamatan Mariso (RR = 1,28). Sedangkan kecamatan yang termasuk dalam

wilayah dengan RR terendah adalah Kecamatan Biringkanaya (RR = 0,71), Kecamatan Tamalanrea (RR = 0,80) dan Kecamatan Rappocini (RR = 0,98). Sedangkan untuk tahun 2018, wilayah dengan RR tertinggi adalah Kecamatan Ujung Tanah (RR = 1,46), diikuti oleh Kecamatan Panakukang (RR = 1,33) dan Kecamatan Bontoala (RR = 1,16). Sedangkan kecamatan yang termasuk dalam wilayah dengan RR terendah adalah Kecamatan Tamalate (RR = 0,81), diikuti oleh Kecamatan Tallo (RR = 0,84) dan Kecamatan Biringkanaya (RR = 0,90).

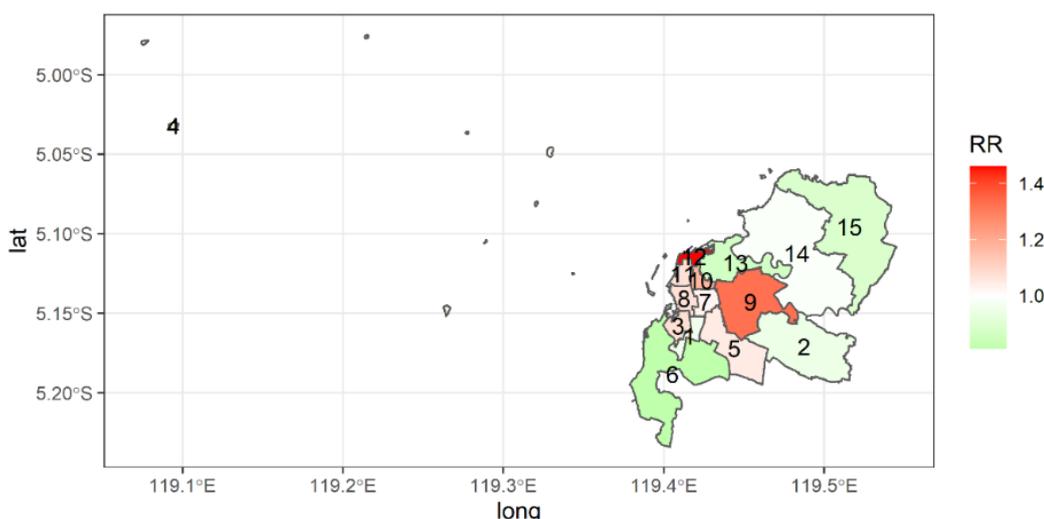
Visualisasi dalam bentuk peta tematik untuk pemetaan RR kasus DBD di Kota Makassar berdasarkan model terbaik yaitu model CAR BYM dengan hyperprior ( $\tau_u^2$ ) IG (1; 0,1) untuk tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 2. Pemetaan dengan model CAR BYM dengan hyperprior ( $\tau_u^2$ ) IG (1; 0,1) untuk tahun 2017 dapat dilihat pada Gambar 3. Untuk tahun 2018 menggunakan model CAR Leroux dengan hyperprior ( $\tau_u^2$ ) IG (1; 0,1) diberikan pada Gambar 4.



Gambar 2. Pemetaan RR kasus DBD di Kota Makassar tahun 2016 menggunakan model terbaik.



Gambar 3. Pemetaan RR kasus DBD di Kota Makassar tahun 2017 menggunakan model terbaik.



Gambar 4. Pemetaan RR kasus DBD di Kota Makassar tahun 2018 menggunakan model terbaik.

Berdasarkan Gambar 2-Gambar 4, terlihat beberapa wilayah berisiko tinggi terjangkit DBD (wilayah dengan nilai  $RR > 1$ ). Tahun 2016, sekitar 33,33% wilayah di Kota Makassar memiliki risiko tinggi, sedangkan tahun 2017, persentasinya meningkat menjadi 73,33%, lalu menurun di tahun 2018 (53,33%). Untuk mengatasi penyebaran DBD di wilayah dengan risiko tinggi, pemerintah kota dapat mengambil sejumlah langkah proaktif seperti pembentukan tim pemantauan epidemiologi yang dapat memantau dan melacak kasus DBD secara aktif di wilayah tersebut. Selain itu, pemerintah dapat melakukan pengendalian vektor dengan mengurangi populasi nyamuk *Aedes aegypti* melalui *fogging* dan penggunaan larvasida.

### V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan model terbaik yang diperoleh pada pemodelan RR kasus DBD di Kota Makassar tahun 2016-2018, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai RR berbeda-beda setiap tahun. Demikian pula wilayah yang berisiko tinggi berubah setiap tahun. Pada tahun 2016 dan 2017 model terbaik, yaitu model CAR BYM dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (1; 0,1), sedangkan tahun 2018 model terbaik, yaitu CAR Leroux dengan hyperprior  $(\tau_u^2)$  IG (1; 0,1). Pada tahun 2016, tiga wilayah dengan RR tertinggi adalah Kecamatan Manggala, Mariso dan Rappocini. Pada tahun 2017, tiga wilayah dengan RR tertinggi adalah Kecamatan Ujung Pandang, Mamajang dan Mariso. Pada tahun 2018, tiga wilayah dengan RR tertinggi adalah Kecamatan Ujung Tanah, Panakukang dan Bontoala. Tamalate merupakan salah satu kecamatan dengan risiko rendah pada tahun 2016 dan 2018. Sedangkan untuk tahun 2017 wilayah yang memiliki risiko rendah adalah Kecamatan Biringkanaya. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan model Bayesian spatio-temporal dengan memasukkan kovariat dalam model.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan salah satu judul peraih insentif bidang Program Kreativitas Mahasiswa Artikel Ilmiah (PKM AI) Tahun 2022. Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi yang telah memberikan dana insentif pada artikel ini. Selain itu, kami juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar.

### REFERENSI

- [1] Kementerian Kesehatan RI, "Situasi Penyakit Demam Berdarah Di Indonesia 2017," *Journal of Vector Ecology*, vol. 31, no. 1. pp. 71–78, 2018. [Online]. Available: <https://www.kemkes.go.id/download.php?file=download/pusdatin/infodatin/InfoDatin-Situasi-Demam-Berdarah-Dengue.pdf>
- [2] R. Wowor, "Pengaruh Kesehatan Lingkungan terhadap Perubahan Epidemiologi Demam Berdarah di Indonesia," *e-Clinic*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.35790/ecl.5.2.2017.16879.
- [3] Y. M. Diah, Z. Zulfikar, I. Ulfa, and Z. Hadifah, "Pemetaan Kasus Demam Berdarah Dengue Dan Kepadatan Nyamuk Berdasarkan Sistem Informasi Geografis (Sig) Di Wilayah Kerja Puskesmas Lhoknga Kabupaten Aceh Besar," vol. 8, no. 1, pp. 35–46, 2021, doi: 10.22435/se.v8i1.4399.
- [4] T. S. Mahading, R. Resmawan, L. Yahya, and I. A. Rizkyani, "Metode Spatial Autoregressive Dalam Analisis," *JMPM J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 5, no. 2, pp. 9–19, 2020.

- [5] A. Fadhilah and D. R. S. Sumunar, "Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Demam Berdarah Dengue untuk Pemetaan Daerah Prioritas Penanganan Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten," *Geomedia Maj. Ilm. dan Inf. Kegeografian*, vol. 16, no. 1, pp. 1–9, 2018, doi: 10.21831/gm.v16i1.21051.
- [6] F. Nirmala, Kuntoro, and H. B. Notobroto, "Aplikasi General Linear Mixed Model(GLMM) pada Data Longitudinal Kadar Trombosit Demam Berdarah Dengue," *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 11, no. 19, pp. 2–4, 2019, [Online]. Available: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsami.9b03822>
- [7] A. Aswi, S. Cramb, E. Duncan, W. Hu, G. White, and K. Mengersen, "Climate variability and dengue fever in Makassar, Indonesia: Bayesian spatio-temporal modelling," *Spat. Spatiotemporal. Epidemiol.*, vol. 33, 2020, doi: 10.1016/j.sste.2020.100335.
- [8] A. Aswi and S. Sukarna, "Model bayesian spasial CAR localised: studi kasus demam berdarah dengue di Kota Makassar," *Semin. Nas. VARIANSI*, pp. 49–59, 2020.
- [9] A. Aswi, S. Cramb, E. Duncan, and K. Mengersen, "Evaluating the impact of a small number of areas on spatial estimation," *Int. J. Health Geogr.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–14, 2020, doi: 10.1186/s12942-020-00233-1.
- [10] S. A. Thamrin, Rosdiana, A. K. Jaya, and Ansariadi, "Leroux Spatial Model for Mapping the Relative Risk of Dengue Fever in Makassar," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1752, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1752/1/012046.
- [11] P. A. P. Moran, "Notes on Continuous Stochastic Phenomena," *Biometrika*, vol. 37, no. 1–2, p. 17, 1950, doi: 10.1093/biomet/37.1-2.17.
- [12] P. C. Austin, L. J. Brunner, H. M. SM, and E. Janet, "Bayeswatch: An Overview of Bayesian Statistics," *J. Eval. Clin. Pract.*, vol. 8, no. 2, pp. 277–286, 2002.
- [13] A. B. Lawson, "Statistical Methods in Spatial Epidemiology John Wiley & Sons," 2013.
- [14] S. Watanabe, "Asymptotic Equivalence of Bayes Cross Validation and Widely Applicable Information Criterion in Singular Learning Theory," *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 11, pp. 3571–3594, 2010.
- [15] A. Vehtari, A. Gelman, and J. Gabry, "Practical Bayesian Model Evaluation using Leave-one-out Cross-validation and WAIC," *Stat. Comput.*, vol. 27, no. 5, pp. 1413–1432, 2017, doi: 10.1007/s11222-016-9696-4.
- [16] Badan Pusat Statistik, *Kota Makassar dalam Angka 2017*. Makassar: Badan Pusat Statistik Kota Makassar, 2017.
- [17] Badan Pusat Statistik, *Kota Makassar dalam Angka 2018*. Makassar: Badan Pusat Statistik Kota Makassar, 2018.
- [18] Badan Pusat Statistik, *Kota Makassar dalam Angka 2019*. Makassar: Badan Pusat Statistik Kota Makassar, 2019.
- [19] M. A. Tiro, A. Aswi, and Z. Rais, "Perbandingan Model Bayesian Spasial Conditional Autoregressive (CAR): Kasus Covid-19 di Kota Makassar, Indonesia," *Semin. Nas. LP2M UNM*, vol. 2019, pp. 1026–1034, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/article/view/25231>



© 2023 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).