

Analisis Risiko Bencana pada kasus Curah Hujan Ekstrem Provinsi Sulawesi Barat dengan Metode *Moran's I & Local Indicator Of Spatial Association*

Reski Wahyu Yanti¹, Rahmah Abubakar², Meryta Febrilian Fatimah³

¹Program Studi Statistika, ^{2,3}Program Studi Matematika, Universitas Sulawesi Barat, Indonesia
e-mail: ¹reskiwahyuyanti@unsulbar.ac.id

Abstrak. Tingginya curah hujan di suatu daerah menyebabkan daerah tersebut rentan terhadap berbagai bencana. Untuk mengurangi risiko kerusakan yang disebabkan oleh berbagai bencana, penting untuk melihat pola sebaran spasial daerah-daerah yang memiliki risiko tinggi terdampak hujan ekstrem. Informasi mengenai pola sebaran dari curah hujan dapat membantu pemangku kebijakan dalam mengambil keputusan terkait kejadian hujan ekstrem di Sulawesi Barat yang berpotensi mengakibatkan berbagai kerugian. Oleh karena itu, dilakukan analisis spasial untuk mendeteksi keterkaitan antar wilayah sehingga pola sebaran curah hujan dapat diketahui. Berdasarkan fenomena tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji karakteristik sebaran spasial curah hujan tiap kecamatan dari curah hujan ekstrem pada skala tahunan di Sulawesi Barat. Hasil penelitian menunjukkan adanya autokorelasi spasial secara signifikan, hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan nilai curah hujan antar kecamatan di Sulawesi Barat berdasarkan analisis autokorelasi spasial dengan uji indeks Moran. Selanjutnya, hasil analisis *Local Indicator Spatial Autocorrelation* (LISA) data curah hujan di setiap kecamatan menunjukkan ada 10 kecamatan pada tahun 2019, 7 kecamatan pada tahun 2020, 13 kecamatan pada tahun 2021, dan 7 kecamatan pada tahun 2022 yang teridentifikasi memiliki autokorelasi spasial dengan tingkat signifikansi 0,05. Dari seluruh hasil analisis yang dilakukan, yaitu analisis indeks moran dan LISA, diperoleh informasi daerah yang memiliki risiko paling besar terjadi curah hujan tinggi adalah kecamatan Kalukku, Tabang, dan Pana. Program mitigasi bencana alam dapat memperoleh manfaat dari informasi dan evaluasi yang diperoleh dari temuan penelitian serta membantu pemerintah untuk menetapkan kebijakan berdasarkan informasi daerah yang memiliki risiko tinggi terdampak curah hujan ekstrem.

Kata kunci: indeks moran, LISA, curah hujan

Abstract. High rainfall in an area causes the area to be vulnerable to various disasters. To reduce the risk of damage caused by various disasters, it is important to look at the spatial distribution patterns of areas that are at high risk of being affected by extreme rain. Information regarding rainfall distribution patterns can help policy makers make decisions regarding extreme rain events in West Sulawesi which have the potential to result in various losses. Therefore, a spatial analysis is carried out to detect the interrelationships between regions so that the pattern of rainfall distribution can be identified. Based on this phenomenon, the aim of this research is to examine the characteristics of the spatial distribution of rainfall for each sub-district from extreme rainfall on an annual scale in West Sulawesi. The results of the research show that there is significant spatial autocorrelation, this shows that there is a correlation between rainfall values between sub-districts in West Sulawesi based on spatial autocorrelation analysis with the Moran index test. Furthermore, the results of the *Local Indicator Spatial Autocorrelation* (LISA) analysis of rainfall data in each sub-district show that there were 10 sub-districts in 2019, 7 sub-districts in 2020, 13 sub-districts in 2021, and 7 sub-districts in 2022 which were identified as having spatial autocorrelation with the level of significance 0.05. From all the results of the analysis carried out, namely the analysis of the Moran index and LISA, information was obtained on the areas that have the greatest risk of high rainfall, namely the Kalukku, Tabang and Pana sub-districts. Natural disaster mitigation programs can benefit from information and evaluation obtained from research findings and help the government to determine policies based on information about areas that are at high risk of being affected by extreme rainfall.

Keywords: moran index, LISA, rainfall

I. PENDAHULUAN

Iklim merupakan unsur geografis yang terpenting dalam mempengaruhi kehidupan manusia. Dampak perubahan cuaca dan iklim ekstrem merupakan bagian permasalahan

yang paling serius bagi kehidupan masyarakat di dunia [1]. Dampak perubahan iklim jelas dan sangat terasa di seluruh dunia. Peristiwa iklim ekstrem saat ini lebih sering terjadi di lingkungan yang lebih panas dan basah dalam beberapa

tahun terakhir. Lebih banyak uap air yang ditambahkan ke atmosfer, karena peningkatan suhu udara, yang menyebabkan perbedaan aliran iklim [2].

Curah hujan mempunyai dampak paling besar terhadap iklim Indonesia. Selain merupakan sumber daya alam yang penting, unsur iklim seperti curah hujan juga dapat menjadi penyebab bencana. Suatu wilayah yang banyak menerima hujan lebih rentan terhadap banjir atau bencana lainnya. Bencana alam yang disebabkan oleh curah hujan ekstrem menjadi ancaman bagi penduduk dan infrastruktur di berbagai daerah Provinsi Sulawesi Barat. Kejadian hujan ekstrem semacam itu memberikan dampak buruk terhadap pembangunan sosial ekonomi sehingga kasus seperti ini menjadi perhatian penting untuk diketahui karakteristiknya. Penelitian terkait analisis spasial data curah hujan pernah dilakukan oleh [3] di wilayah Sulawesi Selatan dengan menggunakan model Kalman Filter untuk melihat hubungan antara curah hujan dan variabel lainnya. Namun, dalam penelitian tersebut belum dijelaskan secara detail terkait pengaruh spasial daerah satu dengan daerah lainnya.

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana memperoleh informasi terkait pola sebaran dari curah hujan dalam suatu wilayah, sehingga dapat memberikan pengetahuan mengenai sebaran titik-titik yang berkonfigurasi dalam suatu ruang dalam hal ini wilayah. Untuk melihat apakah data curah hujan memiliki pengaruh spasial, metode *Moran's I* dan LISA dapat digunakan karena metode ini secara khusus mampu mendeteksi klaster (kelompok) data yang memiliki nilai yang mirip dan dikelilingi oleh daerah yang memiliki nilai yang mirip pula. Dalam konteks curah hujan, ini dapat membantu mengidentifikasi daerah yang sering mengalami curah hujan tinggi secara bersamaan. Analisis pola sebaran titik dengan metode *Moran's I* dan LISA berisi beberapa teknis untuk menjelaskan sebaran spasial dari titik-titik tersebut untuk melihat apakah suatu pola dari sebaran suatu titik cenderung mengelompok (*cluster*), acak (*random*), atau membentuk pola yang teratur (*regular*).

Informasi mengenai pola sebaran dari curah hujan dapat membantu pemangku kebijakan dalam mengambil keputusan terkait kejadian hujan ekstrem di Sulawesi Barat yang berpotensi mengakibatkan berbagai kerugian. Oleh karena itu, dilakukan analisis spasial untuk mendeteksi keterkaitan antar wilayah sehingga pola sebaran curah hujan dapat diketahui. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik distribusi spasial curah hujan setiap kecamatan dari curah hujan ekstrem pada skala tahunan di Sulawesi Barat. Data tahunan membantu dalam melihat pola jangka panjang dalam curah hujan serta cenderung lebih stabil dan membantu dalam mengurangi fluktuasi jangka pendek.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Curah Hujan

Curah hujan adalah tinggi rendahnya air yang jatuh pada suatu daerah datar dengan anggapan tidak hilang, tidak bocor, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) mm adalah air setinggi 1 (satu) mm yang jatuh (ditampung)

pada bidang datar seluas 1 m² dengan asumsi tidak ada yang menguap, mengalir, dan meresap [4].

2.2 Indeks Moran

Arieskha et al. (2019) melakukan uji autokorelasi spasial dengan menggunakan indeks Moran pada faktor curah hujan, suhu udara, dan kelembaban udara. Penelitian dengan pemeriksaan indeks Moran di bidang hidrometeorologi juga dilakukan oleh Inarossy & Yulianto (2019) pada variabel curah hujan di 6 stasiun. Dampak lanjutan dari pemeriksaan menggunakan indeks Moran pada penelitian ini menunjukkan adanya hubungan spasial antar wilayah yang diamati.

Koefisien indeks Moran merupakan pengembangan dari korelasi pearson pada data *univariate series*. Koefisien indeks Moran digunakan untuk menguji ketergantungan spasial atau autokorelasi antar amatan atau area. Indeks Moran merupakan uji nilai terukur yang digunakan untuk menguji nilai autokorelasi spasial.

Nilai indeks Moran berada pada selang antara -1 dan 1 (-1 menunjukkan autokorelasi negatif sempurna dan 1 menunjukkan autokorelasi positif sempurna) [7]. Nilai indeks Moran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [7]:

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Keterangan:

- n = banyaknya pengamatan
- x_i = data peubah lokasi ke-i ($i = 1, 2, \dots, n$)
- x_j = data peubah lokasi ke-j ($j = 1, 2, \dots, n$)
- \bar{x} = rata-rata data
- W_{ij} = elemen matriks pembobot spasial baris ke-i kolom ke-j

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

$H_0 : I = 0$ (Tidak terdapat autokorelasi spasial)

Sementara bentuk hipotesis alternatifnya (H_1) ada dua jenis (positif atau negatif), yaitu :

$H_1 : I > 0$ (Terdapat autokorelasi spasial positif, artinya area yang berdekatan mirip dan cenderung bergerombol dalam suatu area)

$H_1 : I < 0$ (Terdapat autokorelasi spasial negatif, artinya area yang berdekatan tidak mirip dan membentuk pola visual seperti papan catur)

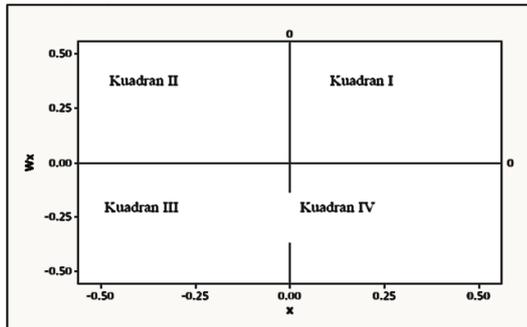
Statistik uji indeks Moran adalah :

$$Z_{hitung} = \frac{I - I_0}{\sqrt{var(I)}} \sim N(0,1) \quad (2)$$

Pengambilan keputusan H_0 ditolak atau ada autokorelasi antar lokasi jika $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$.

Pola pengelompokan dan penyebaran antar lokasi dapat disajikan dengan Moran's Scatterplot [7] pada Gambar 1, yang menunjukkan hubungan antara nilai amatan pada suatu lokasi (distandarisasi) dengan rata-rata nilai amatan dari lokasi-lokasi yang bertetangga dengan lokasi yang bersangkutan. Scatterplot tersebut terdiri atas empat kuadran [8], yaitu:

1. Kuadran I (High-High), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai observasi tinggi dikelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai observasi tinggi.
2. Kuadran II (Low-High), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai observasi rendah dikelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai observasi tinggi.
3. Kuadran III (Low-Low), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai observasi rendah dikelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai observasi rendah.
4. Kuadran IV (High-Low), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai observasi tinggi dikelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai observasi rendah.



Gambar 1. Moran's Scatterplot

2.3 Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA)

Koefisien autokorelasi lokal atau korelasi spasial pada setiap wilayah juga dapat diketahui dengan menggunakan indeks Moran [7]. Semakin tinggi nilai lokal Moran, semakin memberikan informasi bahwa wilayah yang berdekatan memiliki nilai atau struktur distribusi yang hampir sama. Identifikasi indeks Moran disebut sebagai *Local Indicator of Spatial Autocorrelation* (LISA), yang indeksnya dinyatakan dalam [7] :

$$I_i = Z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} Z_j \quad (3)$$

z_i dan z_j adalah $z_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{\sigma_x}$, $z_j = \frac{(x_j - \bar{x})}{\sigma_x}$

σ_x adalah nilai standar deviasi dari peubah x .

Pengujian terhadap parameter I_i dapat dilakukan sebagai berikut:

$H_0: I_i = 0$ (tidak ada autokorelasi antar lokasi)

$H_1: I_i \neq 0$ (ada autokorelasi antar lokasi)

Statistik uji:

$$Z_{hitung} = \frac{I_i - E(I_i)}{\sqrt{var(I_i)}} \quad (4)$$

Keterangan:

w = matrix pembobot

$Var(I)$ = varians indeks Moran

$E(I)$ = expected value indeks Moran

Pengujian ini akan menolak H_0 jika $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$ atau $P \text{ value} < \alpha = 5\%$. Positif autokorelasi spasial megindikasikan bahwa antar lokasi pengamatan memiliki keeratan hubungan.

Inarossy & Yulianto (2019) menggunakan metode LISA untuk menggambarkan wilayah kekeringan di Kabupaten Boyolali dengan variabel curah hujan ekstrem rendah. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diperoleh bahwa Kabupaten seperti Karanggede, Klego, Andong, Kemusu, Wonosegoro, dan Juwangi rawan

kekeringan. Arieskha et al. (2019) juga melakukan pengukuran Moran's index, yakni suatu tindakan untuk menguji autokorelasi spasial secara lokal atau dikenal dengan LISA (*Local Indicators of Spatial Association*) dengan memanfaatkan informasi kejadian DBD dan fluktuasi iklim seperti curah hujan, suhu udara, dan kelembaban udara. Penelitian ini mengungkapkan bahwa pola spasial sebaran kasus demam berdarah di Kabupaten Tegal pada tahun 2012 hingga 2018 bersifat mengelompok, dan perubahan curah hujan, suhu udara, dan kelembaban udara dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya demam berdarah dengue.

III. METODE

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data curah hujan tahunan yang diperoleh dari data portal <http://chrsdata.eng.uci.edu/>. Data tersebut terdiri dari data curah hujan pada 69 stasiun di Provinsi Sulawesi Barat tahun 2019-2022.

3.2 Prosedur Analisis Data

- a. Membuat matriks pembobot spasial dengan menggunakan titik koordinat setiap kecamatan.
- b. Menghitung nilai statistik indeks Moran
- c. Melakukan uji hipotesis indeks Moran terhadap data curah hujan untuk menyatakan adanya autokorelasi spasial baik positif ataupun negatif.
- d. Membuat *Moran's Scatterplot*
Moran's Scatterplot menyediakan suatu analisis eksplorasi secara visual untuk mendeteksi autokorelasi spasial.
- e. Melakukan analisis indeks LISA terhadap curah hujan untuk menunjukkan ada atau tidak adanya pengaruh data curah hujan di suatu kecamatan terhadap kecamatan lainnya yang letaknya berdekatan. Dari pengujian hipotesis indeks LISA akan didapatkan signifikansi hubungan secara lokal pada masing-masing kecamatan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

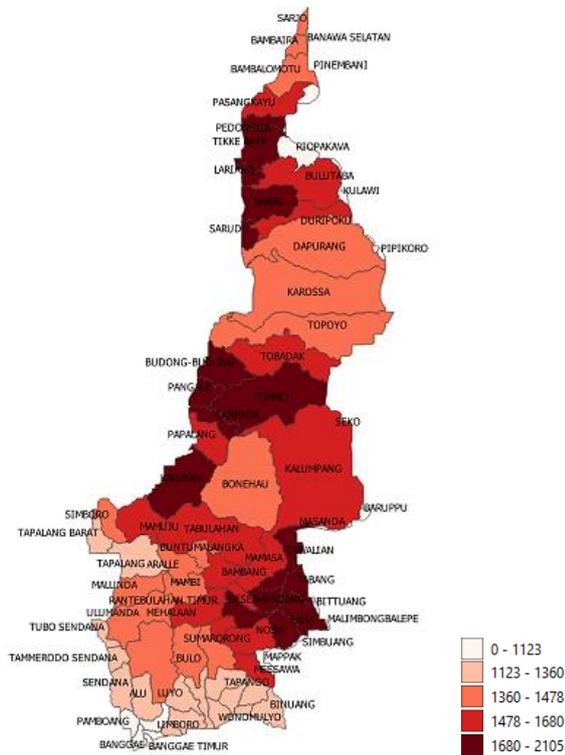
4.1 Sebaran Data Curah Hujan Sulawesi Barat Tahun 2019-2022

Berikut akan digunakan data curah hujan tahunan dari 69 stasiun untuk melihat pola/sebaran nilai curah hujan di Sulawesi Barat. Pada Tabel 1 akan ditunjukkan *summary* dari data sebagai gambaran umum data curah hujan.

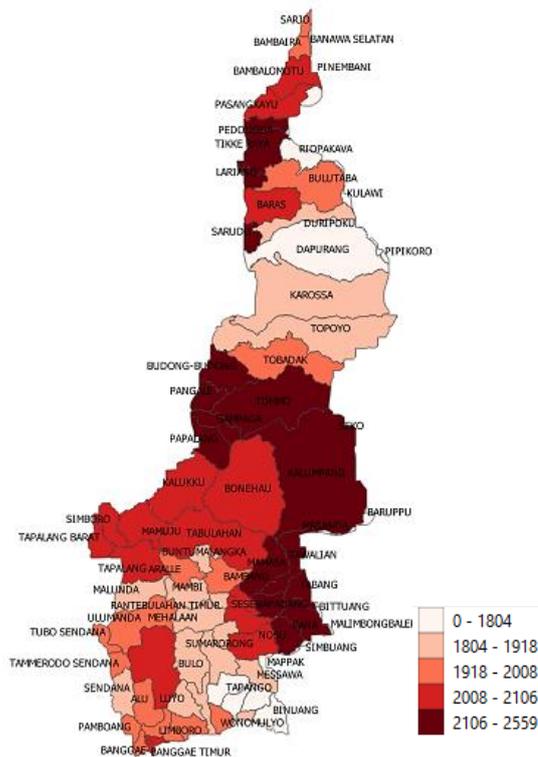
Tabel 1. Deskripsi nilai curah hujan tahun 2019-2022

Tahun	Rataan	Median	Minimum	Maksimum
2019	1516	1474	1061	2105
2020	2034	1999	1721	2559
2021	2621	2516	2016	4140
2022	2630	2673	1964	3711

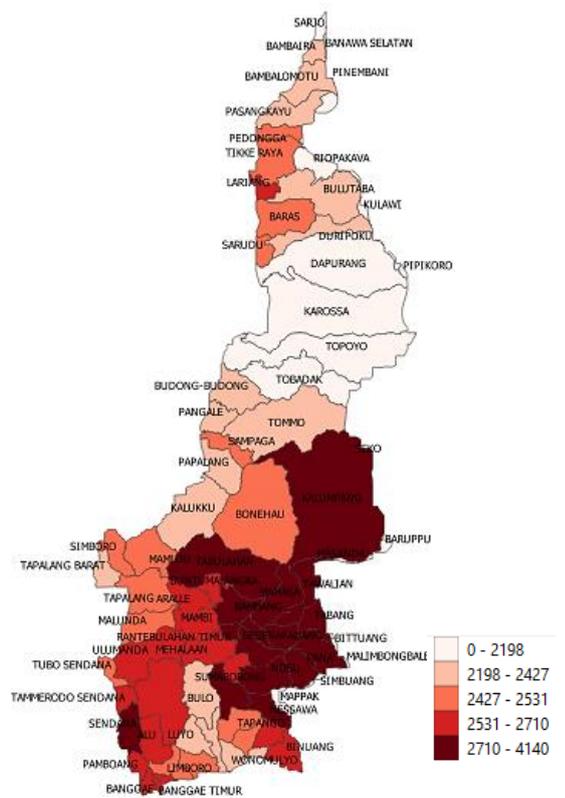
Berdasarkan deskripsi data curah hujan pada Tabel 1 diketahui bahwa nilai curah hujan yang paling rendah adalah 1061 pada tahun 2019, sementara nilai curah hujan yang paling besar adalah 4140 pada tahun 2021. Selanjutnya, akan dilakukan *plotting* data curah hujan per kecamatan pada peta Sulawesi Barat. Hasil *plotting* data curah hujan dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



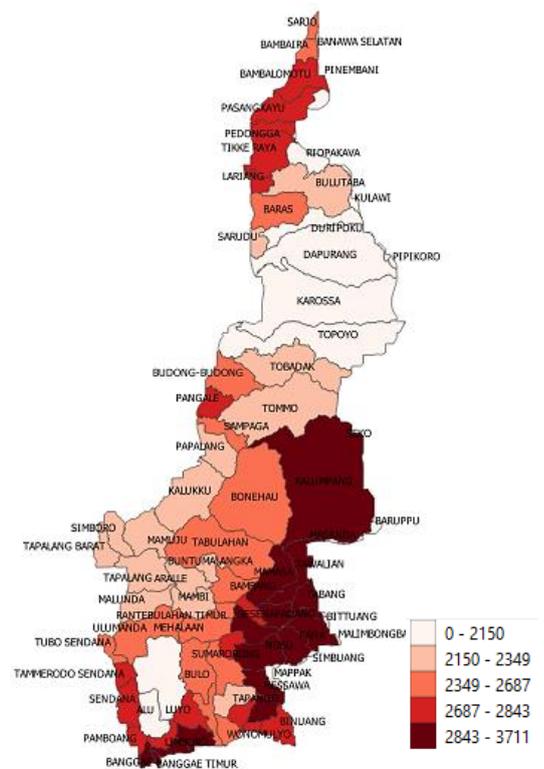
(i) Tahun 2019



(ii) Tahun 2020



(iii) Tahun 2021



(iv) Tahun 2022

Gambar 2. Sebaran data curah hujan Sulawesi Barat (i) Tahun 2019; (ii) Tahun 2020; (iii) Tahun 2021; (iv) Tahun 2022

Gambar 2 menampilkan sebaran data curah hujan di Provinsi Sulawesi Barat. Pada Gambar 2 dapat dilihat

bahwa kecamatan yang berdekatan mempunyai pengaruh nilai curah hujan yang relatif sama dan cenderung membentuk kelompok. Gradasi warna yang berbeda menunjukkan tinggi rendahnya nilai data curah hujan pada setiap kecamatan. Semakin tinggi nilai data curah hujan maka warnanya akan semakin gelap. Pada Gambar 2, terlihat bahwa stasiun dengan nilai curah hujan tertinggi terletak di Kecamatan Kalukku untuk tahun 2019, Kecamatan Tabang untuk tahun 2020, Kecamatan Pana untuk tahun 2021 dan tahun 2022 yang ditunjukkan dengan gradasi warna yang gelap, sementara stasiun dengan nilai curah hujan terendah terletak di Kecamatan Pamboang untuk tahun 2019, Kecamatan Anreapi untuk tahun 2020, Kecamatan Dapurang untuk tahun 2021 dan tahun 2022 yang ditunjukkan dengan gradasi warna yang terang. Dari visualisasi keempat peta di atas terlihat bahwa Kecamatan Kalumpang, Tawalian, Tabang, Malimbongbalepe, Bittuang, Sesenapadang, Pana, ditampilkan dengan warna gelap untuk setiap tahun yang menandakan bahwa pada kecamatan tersebut sering terjadi curah hujan yang tinggi.

4.2 Analisis Autokorelasi Spasial Indeks Moran

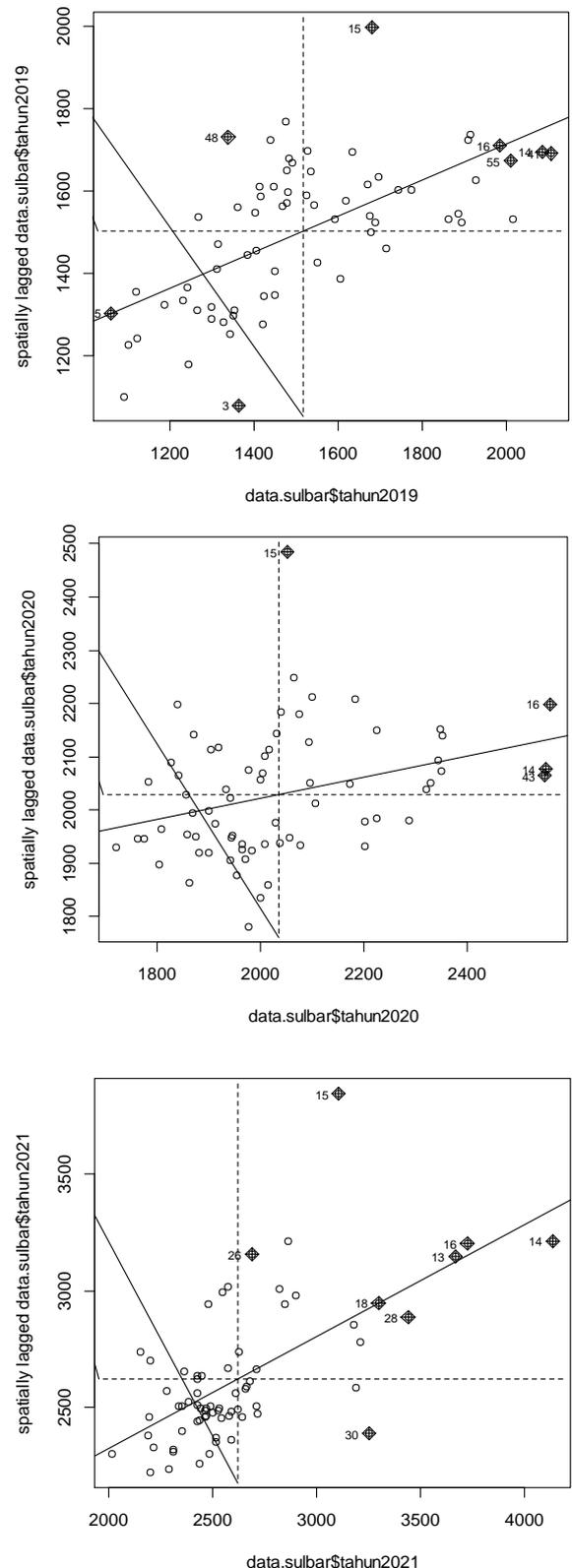
Indeks Global Moran pengujian hipotesis dilakukan untuk menyatakan adanya autokorelasi spasial positif atau negatif yang merupakan pengujian satu arah. Ukuran kemiripan suatu benda dalam ruang ditinjau dari jarak, waktu, dan luas disebut autokorelasi spasial. Autokorelasi spasial terjadi ketika distribusi variabel yang diamati mengikuti pola yang telah ditentukan. Autokorelasi spasial menunjukkan bahwa nilai atribut yang diamati di suatu wilayah berkaitan dengan nilai atribut di wilayah lain yang berdekatan (tetangga).

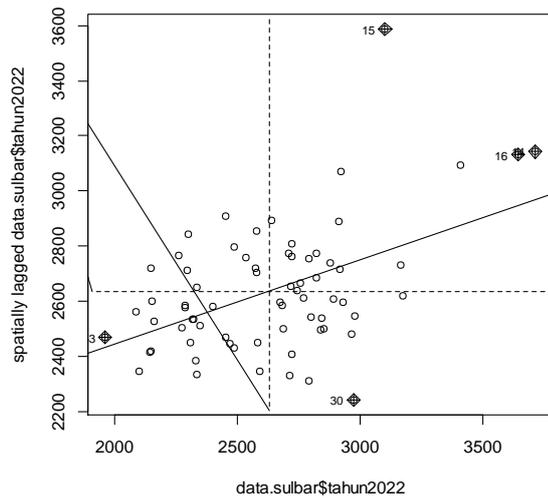
Hasil pemeriksaan autokorelasi spasial dengan uji indeks Moran yang dilakukan menunjukkan adanya autokorelasi spasial yang sangat besar, hal ini menunjukkan adanya keterkaitan nilai curah hujan antar sublokal di Sulawesi Barat tahun 2019-2022, dengan nilai indeks Moran berturut-turut sebesar 0,438; 0,198; 0,479; dan 0,307. Artinya, nilai curah hujan antar kecamatan di Sulawesi Barat berkorelasi secara spasial, hal ini terlihat dari nilai indeks Moran yang lebih besar dari 0. Autokorelasi spasial nilai curah hujan antarkecamatan di Sulawesi Barat mempunyai pola hubungan yang mengelompok dan cenderung mempunyai sifat yang sama pada lokasi yang berdekatan jika nilai indeks Moran positif. Agar lebih meyakinkan, dilakukan pengujian untuk melihat apakah ada hubungan spasial informasi curah hujan antar sub-lokal di Sulawesi Barat. Dari hasil pengujian hipotesis yang dilakukan, diperoleh nilai *p-value* lebih kecil daripada $\alpha = 0,05$, sehingga keputusannya adalah tolak H_0 . Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan (autokorelasi spasial) nilai curah hujan antar kecamatan di Sulawesi Barat pada taraf nyata 5%.

4.3 Moran's Scatterplot

Moran's Scatterplot memberikan suatu analisis eksplorasi secara visual untuk mendeteksi autokorelasi spasial. Selain itu, grafik ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui pola hubungan yang terjalin antar wilayah atau area, apakah membentuk pola yang

mengelompok atau tidak.





Gambar 3. Moran's *scatterplot* curah hujan kecamatan di Sulawesi Barat

Pola hubungan nilai curah hujan pada tingkat kecamatan di Sulawesi Barat berdasarkan *Moran's scatterplot* ditunjukkan pada Gambar 3 di atas, dapat terlihat beberapa hubungan curah hujan antar kecamatan di Sulawesi Barat berada pada kuadran I (High-High) yang berarti bahwa kecamatan yang memiliki nilai curah hujan tinggi dan dikelilingi oleh kecamatan yang memiliki nilai curah hujan tinggi. Artinya, wilayah-wilayah di kuadran ini memerlukan perhatian lebih dibandingkan wilayah lain dalam penanganan peristiwa bencana. Hasil analisis Moran's *scatterplot* menunjukkan bahwa terdapat 25 kecamatan pada tahun 2019, 19 kecamatan pada tahun 2020, 15 kecamatan pada tahun 2021, dan 18 kecamatan pada tahun 2022 yang berada pada kuadran I.

4.4 Local Indicator Spatial Autocorrelation (LISA)

Hasil uji indeks Moran menunjukkan apakah terdapat autokorelasi atau keterhubungan spasial antar nilai curah hujan pada tingkat wilayah kecamatan di Sulawesi Barat. Selanjutnya pola hubungan nilai curah hujan antar kecamatan di Sulawesi Barat digambarkan dengan *Moran scatterplot*. Kasus khusus dalam dependensi spasial adalah Local Indicator Spatial Autocorrelation (LISA), yang dapat menunjukkan pengamatan secara lokal terhadap peubah yang diamati, yang artinya observasi di suatu lokasi bergantung pada observasi di lokasi lain yang berdekatan [7]. Dari pengujian LISA, akan didapatkan signifikansi hubungan secara lokal pada masing-masing kecamatan. Hasil pengujian LISA yang dilakukan menunjukkan bahwa terdapat autokorelasi spasial secara lokal pada beberapa kecamatan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian LISA setiap kecamatan di Sulawesi Barat

Kecamatan	P Value ($\alpha=0,05$)			
	2019	2020	2021	2022
Banggae	0,0923	0,9087	0,9783	0,4512
Banggae Timur	0,0935	0,5283	0,8297	0,9389
Malunda	0,0145	0,7822	0,9711	0,3946
Pamboang	0,2118	0,3353	0,8788	0,7384
Sendana	0,0553	0,6477	0,8819	0,6029
Tammerodo				
Sendana	0,1670	0,3695	0,8769	0,9013
Tubo Sendana	0,8795	0,9777	0,0958	0,1269
Ulumanda	0,2475	0,3190	0,8361	0,5322
Messawa	0,1882	0,0840	0,0018	0,0095
Nosu	0,3343	0,4869	0,0028	0,0045
Pana	0,1779	0,6208	0,0017	0,0047
Sumarorong	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000
Tabang	0,2483	0,1736	0,0205	0,0266
Tawalian	0,5275	0,2533	0,1224	0,5727
Buntumalangka	0,5165	0,4504	0,0755	0,5106
Aralle	0,5669	0,6733	0,0516	0,6568
Balla	0,9005	0,4469	0,2721	0,3464
Bambang	0,6139	0,7478	0,1039	0,7124
Mamasa	0,8008	0,2326	0,1487	0,6091

Kecamatan	P Value ($\alpha=0,05$)			
	2019	2020	2021	2022
Mambi	0,3916	0,9321	0,4859	0,7015
Mehalaan	0,2101	0,3309	0,0163	0,1714
Rantebulahan				
Timur	0,1497	0,2575	0,0207	0,4829
Sesenapadang	0,7714	0,9240	0,1352	0,9938
Tabulahan	0,2226	0,2446	0,0415	0,3345
Tandukkalua	0,9348	0,3636	0,3063	0,0570
Kalumpang	0,0338	0,4923	0,8229	0,2197
Tobadak	0,7244	0,5373	0,7866	0,6603
Tommo	0,1833	0,7937	0,6828	0,3423
Topoyo	0,6560	0,7627	0,1937	0,1949
Karossa	0,6370	0,4860	0,4791	0,5755
Bonehau	0,0120	0,0454	0,4051	0,2405
Budong-				
Budong	0,1108	0,2705	0,8900	0,7935
Kalukku	0,0372	0,0019	0,3924	0,4280
Mamuju	0,5101	0,3077	0,1874	0,1470
Pangale	0,8053	0,5932	0,2251	0,0325
Papalang	0,4773	0,6693	0,1559	0,3568
Sampaga	0,4047	0,7875	0,0554	0,2444
Simboro	0,0238	0,0094	0,3246	0,6964
Tapalang	0,6170	0,2180	0,0366	0,4017
Tapalang Barat	0,0542	0,0785	0,1752	0,3960
Bambaira	0,7109	0,8375	0,0205	0,0169
Bambalomotu	0,1775	0,3680	0,0448	0,1164
Baras	0,9174	0,8250	0,0561	0,2432
Bulutaba	0,3096	0,2913	0,0402	0,0835
Dapurang	0,5856	0,0882	0,0464	0,2553
Duripoku	0,7231	0,4292	0,0665	0,1434
Lariang	0,3430	0,3990	0,6133	0,2027
Pasangkayu	0,8278	0,7849	0,4443	0,9023
Pedongga	0,6102	0,4769	0,4090	0,5326
Sarjo	0,4271	0,1090	0,2283	0,1476
Sarudu	0,0793	0,0598	0,4393	0,9211
Tikke Raya	0,8661	0,5865	0,4007	0,8200
Anreapi	0,0387	0,1401	0,0900	0,3640
Binuang	0,7002	0,8734	0,3714	0,3962
Matanga	0,4256	0,6133	0,4941	0,3795
Matangnga	0,2705	0,3278	0,3417	0,8086
Alu	0,0904	0,0593	0,4377	0,5779
Balanipa	0,0747	0,0168	0,4129	0,8470
Bulo	0,0548	0,0649	0,5193	0,1956
Campalagian	0,2873	0,0202	0,4571	0,6498
Limboro	0,0481	0,0471	0,3395	0,6203
Luyo	0,0908	0,2174	0,9618	0,4021
Mapili	0,1115	0,2843	0,9831	0,8222

Kecamatan	P Value ($\alpha=0,05$)			
	2019	2020	2021	2022
Matakali	0,1035	0,3904	0,4205	0,3747
Polewali	0,3889	0,3720	0,5411	0,9512
Tapango	0,0783	0,3238	0,5420	0,8327
Tinambung	0,0498	0,3769	0,4697	0,5719
Tubbitaramanu	0,3406	0,1929	0,5506	0,3771
Wonomulyo	0,0337	0,3566	0,7393	0,4602

Hasil analisis *Local Indicator Spatial Autocorrelation* (LISA) data curah hujan di setiap kecamatan yang ditunjukkan pada Tabel 2 menunjukkan ada 10 kecamatan pada tahun 2019, 7 kecamatan pada tahun 2020, 13 kecamatan pada tahun 2021, dan 7 kecamatan pada tahun 2022 yang teridentifikasi memiliki autokorelasi spasial dengan tingkat signifikansi 0,05. Dari seluruh hasil analisis yang dilakukan, yaitu analisis indeks moran dan LISA, diperoleh informasi daerah yang memiliki risiko paling besar terjadi curah hujan tinggi adalah kecamatan Kalukku, Tabang, dan Pana. Kesimpulan ini didasarkan pada hasil analisis LISA yang memberikan nilai signifikansi *P value* pada ketiga kecamatan serta dari visualisasi peta pada gambar 2 yang menunjukkan bahwa ketiga kecamatan tersebut memiliki curah hujan yang tinggi dan daerah sekitarnya juga memiliki curah hujan yang tinggi.

IV. KESIMPULAN

Nilai indeks Moran Tahun 2019-2022 masing-masing sebesar 0,438, 0,198, 0,479, dan 0,307 yang menunjukkan adanya korelasi beberapa nilai curah hujan antar kecamatan di Sulawesi Barat berdasarkan hasil analisis autokorelasi spasial. Artinya, nilai curah hujan antar kecamatan di Sulawesi Barat berkorelasi secara spasial, hal ini terlihat dari nilai indeks Moran yang bernilai positif menunjukkan bahwa autokorelasi spasial nilai curah hujan antar kecamatan di Sulawesi Barat memiliki pola hubungan mengelompok (*clustered*) dan memiliki kecenderungan kesamaan karakteristik pada lokasi yang berdekatan. Agar benar-benar meyakinkan maka dilakukan pengujian untuk melihat apakah terdapat hubungan spasial pada informasi curah hujan antar kecamatan di Sulawesi Barat dan hasil yang didapat adalah adanya autokorelasi spasial antar kecamatan di Sulawesi Barat pada taraf nyata 5%. Selanjutnya dari hasil analisis autokorelasi spasial dengan LISA menunjukkan bahwa ada 10 kecamatan pada tahun 2019, 7 kecamatan pada tahun 2020, 13 kecamatan pada tahun 2021, dan 7 kecamatan pada tahun 2022 yang teridentifikasi memiliki autokorelasi spasial dengan tingkat signifikansi 0,05. Program mitigasi bencana alam dapat memperoleh manfaat dari informasi dan bahan evaluasi yang diberikan oleh hasil penelitian yang diperoleh serta membantu pemerintah untuk menetapkan kebijakan berdasarkan informasi daerah yang memiliki risiko tinggi terdampak curah hujan ekstrem.

REFERENSI

- [1] Klein Tank AMG, Zwiers FW, Zhang X. "WMO Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions." *Climate Data and Monitoring (WCDMP-No. 72)*:p.52, 2009.
- [2] D. Zuo, Z. Xu, W. Yao, S. Jin, P. Xiao, dan D. Ran, "Assessing the effects of changes in land use and climate on runoff and sediment yields from a watershed in the Loess Plateau of China," *Sci. Total Environ.*, vol. 544, hal. 238–250, 2016.
- [3] Islami MI, Rahim A, Jaya AK, Bakri B. "Model Spatio Temporal Data Curah Hujan Menggunakan Kalman Filter dan Algoritma Ekspektasi-Maksimisasi. " *Jurnal Matematika, Statistika, dan Komputasi* Vol. 17, No. 2, 304-313, 2021.
- [4] BMKG. Badan meteorologi klimatologi dan geofisika stasiun meteorologi tjilik riwut palangka raya. (September), 2019.
- [5] Arieskha FTA, Rahardjo M, Joko T. "The Association between Weather Variability and Dengue Hemorrhagic Fever in Tegal Regency. " *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 11(4):p.339, 2019.
- [6] Inarossy N, Yulianto SJP. "Klasifikasi Wilayah Risiko Bencana Kekeringan Berbasis Citra Satelit Landsat 8 Oli Dengan Kombinasi Metode Moran ' s I dan Getis Ord G * (Studi Kasus : Kabupaten Boyolali dan Klaten)." *Indonesian Journal of Computing and Modeling* 2(2):p.37–54, 2019.
- [7] Lee J, Wong DWS. *Statistical Analysis with Arcview GIS*. New York: John Wiley And Sons, 2001.
- [8] Perobelli FS, Haddad EA. *Brazilian Interregional Trade : "An Exploratory Spatial Data Analysis"*, 2003.