

Implikasi *Urban Sprawl* Terhadap Tingkat Kerentanan Banjir di Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar

The Influence of Urban Sprawl on Flood Vulnerability Levels in Biringkanaya District, Makassar City

Dinanti Umar*, Syafri, Rudi Latief

Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Program Pascasarjana, Universitas Bosowa

*E-mail: dinantiumr99@gmail.com

Diterima: 12 Januari 2025/Disetujui 30 Juni 2025

Abstrak. Fenomena urban sprawl sebagai akibat dari urbanisasi yang tidak terkendali telah menjadi tantangan serius dalam perencanaan kota, terutama dalam kaitannya dengan meningkatnya risiko bencana banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh urban sprawl terhadap tingkat kerentanan banjir di Kecamatan Biringkanaya, Kota Makassar, serta merumuskan upaya pengendalian banjir yang dapat dilakukan. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan analisis spasial, scoring, overlay union, dan uji korelasi Pearson. Variabel urban sprawl meliputi kepadatan penduduk, kepadatan bangunan, jarak ke pusat kota, buffer jaringan jalan, dan pola pembangunan leapfrog. Sedangkan variabel kerentanan banjir meliputi curah hujan, jenis tanah, penggunaan lahan, dan kemiringan lereng. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan signifikan antara tingkat urban sprawl dengan tingkat kerentanan banjir. Semakin tinggi tingkat urban sprawl di suatu wilayah, semakin tinggi pula tingkat kerentanannya terhadap banjir. Penelitian ini memberikan rekomendasi kebijakan pengendalian penggunaan lahan dan perencanaan ruang yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi risiko banjir di wilayah *urban fringe*.

Kata kunci: Urban Sprawl, Kerentanan Banjir, Pengendalian Banjir

Abstract. *Urban sprawl, as a consequence of uncontrolled urbanization, has become a significant challenge in urban planning, especially regarding the increasing risk of flooding disasters. This study aims to analyze the impact of urban sprawl on flood vulnerability in Biringkanaya Subdistrict, Makassar City, and identify the control measures that can be implemented. A quantitative approach was used with spatial analysis, scoring, overlay union, and Pearson correlation testing. The urban sprawl variables include population density, building density, distance to the city center, road network buffer, and leapfrog development patterns. Meanwhile, flood vulnerability variables include rainfall, soil type, land use, and slope. The findings show a significant relationship between the level of urban sprawl and flood vulnerability. The higher the urban sprawl in an area, the greater the flood vulnerability. This study recommends policies on land use control and more sustainable spatial planning to reduce flood risks in urban fringe areas.*

Keywords: *Urban Sprawl, Flood Vulnerability, Spasial Control.*



This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

Pendahuluan

Urbanisasi yang cepat di kota-kota besar telah menimbulkan fenomena urban sprawl—ekspansi perkotaan secara tidak terkendali ke wilayah pinggiran. Meski sprawl sering dipromosikan sebagai solusi menekan kepadatan pusat kota dan membentuk pusat-pusat mandiri konstruksi yang tidak terencana berpotensi menimbulkan berbagai masalah lingkungan dan sosial, termasuk meningkatnya kerentanan terhadap bencana banjir (Vermeiren, 2022). Pemerataan pembangunan tanpa standar pengelolaan lahan dan air membawa implikasi negatif terhadap kapasitas wilayah dalam menahan limpasan air.

Urban sprawl dikarakteristikan oleh kepadatan rendah, fragmentasi lahan, serta alih fungsi lahan hijau

menjadi permukiman dan infrastruktur. Kondisi ini mengurangi area resapan air (permeable surfaces), mempercepat aliran permukaan (runoff), dan memicu masalah drainase, yang menjadi pemicu utama banjir urban (Zanoletti & Bontempi, 2023). Penelitian global menemukan bahwa laju urbanisasi yang cepat, tanpa dikendalikan, meningkatkan eksposur dan sensitivitas terhadap risiko banjir (Wang et al., 2023).

Kota Makassar, ibu kota Sulawesi Selatan, mengalami pertumbuhan populasi dan lahan yang signifikan dalam dekade terakhir. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Makassar meningkat dari sekitar 1,43 juta (2014) menjadi lebih dari 1,48 juta (2024). Perluasan ini menimbulkan tekanan pada tata ruang, terutama di daerah pinggiran seperti Kecamatan Biringkanaya, di mana

pertumbuhan tidak diimbangi oleh pengelolaan lingkungan dan infrastruktur yang memadai.

Kecamatan Biringkanaya merupakan wilayah sub-urban yang menyerap dampak langsung dari urban sprawl. Luasannya mencapai 48,22 km² (sekitar 27,4% dari Makassar), dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi. Pola pembangunan yang sporadis dan tak terkendali mengakibatkan fragmentasi lahan dan konversi lahan terbuka menjadi area impervious. Ditemukan empat tipologi sprawl—sangat rendah, rendah, tinggi, dan sangat tinggi—yang memperlihatkan struktur perkotaan yang tidak terpusat. (Glaeser et al., 2001; Egidi et al., 2020).

Penelitian terdahulu oleh beberapa ahli, mengungkap bahwa wilayah ini memiliki tingkat kerawanan banjir tinggi dan menengah, terutama pada lahan permukiman seluas 35.554 Ha dan 901.584 Ha (Avand et al., 2022; Zhu et al., 2023), serta kawasan persawahan pada 683.639 Ha. Angka-angka tersebut menunjukkan dampak nyata dari urban sprawl terhadap kapasitas drainase alami dan risiko banjir, sejalan dengan temuan global bahwa pertumbuhan kawasan terbuka terbangun meningkatkan debit limpasan dan memperparah tekanan banjir urban (Wijayawardana et al., 2023).

Studi tentang resilience banjir di Makassar menunjukkan bahwa area urban dengan kepadatan tinggi dan sedikit ruang terbuka memiliki ketahanan yang moderat–rendah, menunjukkan bahwa peningkatan sprawl langsung memengaruhi ketahanan masyarakat terhadap banjir (Afriyane et al., 2022; Zhang et al., 2022). Ini mempertegas pentingnya memeriksa korelasi antara sprawl dan kerentanan banjir di wilayah sub-urban seperti Biringkanaya.

Selain itu, model konseptual dalam Nature Communications menekankan bahwa konfigurasi bentuk kota—seperti pola jalan, kepadatan bangunan, dan kemiringan—berpengaruh signifikan terhadap pola dan intensitas banjir urban (Burke et al., 2022). Analisis ini relevan untuk Biringkanaya, di mana pola pembangunan sprawl cenderung acak, memperburuk aliran air dan mengurangi efisiensi drainase.

Dengan mempertimbangkan temuan global dan lokal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji implikasi urban sprawl terhadap tingkat kerentanan banjir di Kecamatan Biringkanaya, Makassar. Fokusnya adalah pada hubungan antara tingkat ekspansi perkotaan, perubahan penggunaan lahan, dan pola drainase real-time, serta bagaimana hal ini dapat memengaruhi kebijakan tata ruang dan mitigasi bencana di wilayah tersebut.

Metode Penelitian

a. Jenis Penelitian

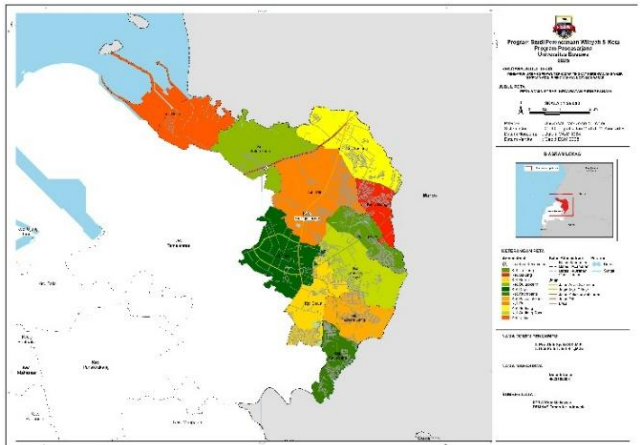
Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya

adalah sistematis, terencana dan terstruktur dengan jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitiannya. Pendekatan penelitian kuantitatif ini digunakan untuk meneliti pada pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

b. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kota Makassar yaitu di Kecamatan Biringkanaya yang secara administrasi memiliki luas wilayah 48,22 Km² dan terdiri dari 11 kelurahan diantaranya Paccerakang, Daya, Pai, Sudiang Raya, Sudiang, Bulurokeng, Untia, Berua, Katimbang, Bakung dan Laikang. Jumlah penduduk Kecamatan Biringkanaya sebanyak 215.820 jiwa yang terdiri dari 107.463 jiwa laki-laki dan 108.357 jiwa perempuan dengan tingkat kepadatan penduduk sebesar 4.4476 jiwa/km².

Penelitian ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa Kecamatan Biringkanaya sebagai kawasan pinggiran di wilayah Kota Makassar yang dilihat dari faktor eksternal dan internal teridentifikasi mengalami urban sprawl.



Gambar 1. Peta Administrasi Lokasi Penelitian

c. Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2013), variabel penelitian pada dasarnya adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya. Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Variabel Penelitian

No.	Variabel	Indikator
1.	Urban Sprawl	• Kepadatan penduduk • Kepadatan bangunan • Jarak ke pusat kota • Buffer jaringan jalan • Pola pembangunan leapfrog
2	Kerentanan Banjir	• Kemiringan lereng • Jenis Tanah • Curah hujan • Tutupan lahan

d. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Untuk memperoleh data tersebut,

maka dilakukan teknik pengumpulan data berupa: 1) Observasi adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan lewat pengamatan langsung. Peneliti melakukan pengamatan di tempat terhadap objek penelitian untuk diamati menggunakan pancaindra seperti data terkait kondisi penggunaan lahan dan karakteristik fisik wilayah pada lokasi penelitian. 2) Studi dokumentasi yaitu mencari data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa dokumen maupun data spasial Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Makassar, Kecamatan Biringkanaya dalam Angka dan artikel atau hasil dari penelitian-penelitian terdahulu.

e. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan deskriptif untuk menganalisis hubungan antara tingkat urban sprawl dan kerentanan banjir di Kecamatan Biringkanaya, Kota Makassar. Data spasial dan non-spasial dikumpulkan melalui citra satelit, data penggunaan lahan, curah hujan, topografi, serta peta banjir dari instansi terkait. Analisis urban sprawl dilakukan dengan mengidentifikasi tipologi penyebaran wilayah berdasarkan pola pembangunan seperti leapfrog, linear, dan konsentris. Klasifikasi tipologi ini penting karena bentuk spasial dari urban sprawl terbukti memengaruhi intensitas dan distribusi banjir perkotaan (Wang et al., 2022).

Selanjutnya, tingkat kerentanan banjir dianalisis menggunakan pendekatan overlay spasial terhadap parameter-parameter kerentanan seperti kepadatan bangunan, kemiringan lahan, sistem drainase, dan jarak terhadap badan air. Penentuan tingkat kerentanan mengikuti pendekatan multi-criteria evaluation (MCE) dengan pembobotan pada masing-masing variabel berdasarkan studi sebelumnya dan kondisi lokal. Korelasi antara urban sprawl dan kerentanan banjir diuji menggunakan analisis statistik korelasi Pearson untuk mengetahui hubungan linier antara kedua variabel tersebut. Pendekatan ini telah banyak digunakan dalam studi sejenis untuk memahami keterkaitan spasial antara pembangunan wilayah dan risiko bencana. (Liu et al., 2021)

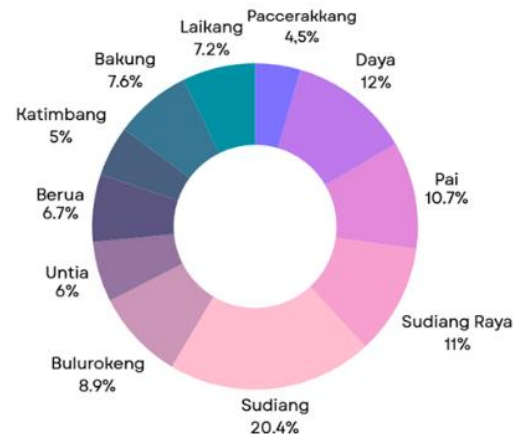
Sebagai pelengkap analisis kuantitatif, penelitian ini juga menggunakan analisis deskriptif teoritis untuk merumuskan konsep dan strategi pengendalian dampak urban sprawl terhadap banjir. Analisis ini mengintegrasikan hasil temuan lapangan dengan kajian literatur untuk merumuskan rekomendasi kebijakan tata ruang yang adaptif terhadap risiko banjir di kawasan sub-urban. Strategi ini relevan dengan pendekatan resilience-based planning dalam mitigasi risiko bencana yang kini banyak dikembangkan di kawasan perkotaan yang terdampak urbanisasi pesat (Chen & Liu, 2022; (Pagett, 2021).

Hasil dan Pembahasan

a. Hasil

1. Gambaran Umum Wilayah Kecamatan Biringkanaya

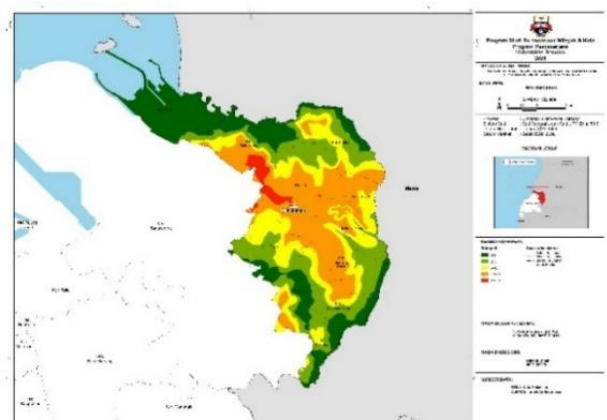
Kecamatan Biringkanaya merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kota Makassar dengan luasan terbesar yaitu 48,22 Km² atau 27,43 % dari luas Kota Makassar secara keseluruhan. Secara administratif Kecamatan Biringkanaya terdiri dari 11 kelurahan yaitu Kelurahan Paccerakrang, Daya, Pai, Sudiang Raya, Sudiang, Bulurokeng, Untia, Berua, Katimbang, Bakung dan Laikang.



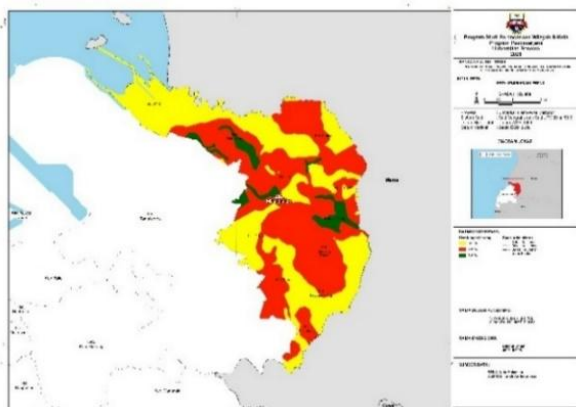
Gambar 2. Grafik Luas Wilayah Kecamatan Biringkanaya

2. Kondisi Topografi dan Kemiringan Lereng

Wilayah Kabupaten Biringkanaya sebagian besar berada pada daerah dengan permukaan lahan yang relatif landai. Kecamatan Biringkanaya memiliki ketinggian antara 0-30meter diatas permukaan laut (mdpl) yang didominasi oleh ketinggian 0-2meter diatas permukaan laut (mdpl). Berdasarkan data kemiringan lereng yang diperoleh, Kecamatan Biringkanaya terdiri dari kemiringan lereng 0-8% yang artinya wilayah ini memiliki lahan yang relatif datar. Kecamatan Biringkanaya didominasi kemiringan 2-5% dengan luas wilayah 19,04% dari luas wilayah keseluruhan.



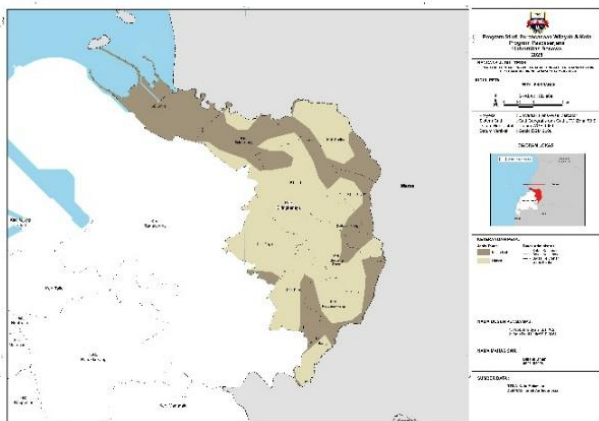
Gambar 3. Peta Topografi Kecamatan Biringkanaya



Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Biringkanaya

3. Jenis Tanah

Jenis tanah di Kecamatan Biringkanaya terdiri dari jenis tanah inceptisol dan jenis tanah ultisol. Jenis tanah inceptisol terdiri dari tanah alluvial, andosol, regosol dan gleihumus. Daerah bagian barat dan selatan berpotensi untuk pengembangan pemukiman, bisnis dan pariwisata. Hal ini disebabkan karena jenis tanah inceptisol memiliki tingkat porositas yang rendah dan permeabilitas yang tinggi sehingga kemungkinan terjadinya erosi kecil bila dilihat dari segi geologinya. Sebaliknya jenis tanah ultisol termasuk didalamnya podzolik merah kuning, latosol dan hidromorf kelabu. Daerah dengan jenis tanah ultisol tidak cocok dijadikan sebagai kawasan pertanian dan pertambakan karena jenis tanah ini banyak mengandung lapisan tanah liat dan bersifat asam serta miskin unsur hara. Daerah ini lebih diarahkan pada pengembangan pemukiman.



Gambar 5. Peta Jenis Tanah Kecamatan Biringkanaya

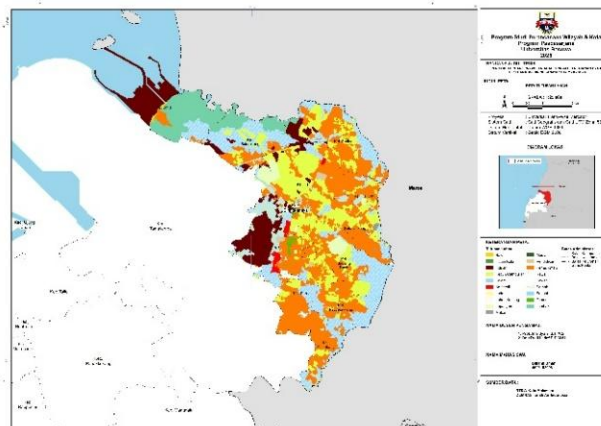
4. Curah Hujan

Secara keseluruhan, curah hujan di Kecamatan Biringkanaya berada pada kategori sedang hingga tinggi dengan rata-rata 1.600-2.175 mm/th. Angka ini menunjukkan bahwa dalam satu tahun, setiap meter persegi lahan di Biringkanaya menerima air hujan sebanyak 1.600–2.175 liter. Kondisi curah hujan tersebut memiliki potensi besar untuk pertanian dan kehidupan perkotaan yang seimbang dengan alam. Namun, tingginya curah hujan juga berarti bahwa risiko banjir dan kerusakan lingkungan perlu

diantisipasi dengan pengelolaan tata air dan tata ruang yang terencana dan berkelanjutan.

5. Tutupan Lahan

Kondisi tata guna lahan Kecamatan Biringkanaya secara umum terdiri atas: bakau; hutan kota; industri; kebun campuran; kolam; komersil; ladang; lahan kosong; lapangan; makam; median; pendidikan; permukiman; rawa; sawah; semak; sungai; taman dan tambak. Penggunaan lahan di Kecamatan Biringkanaya didominasi lahan permukiman dengan luas 12,84 km² kemudian lahan sawah dengan luas 7,33 km² dan kebun campuran seluas 7,32 km².



Gambar 6. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Biringkanaya

6. Aspek Kependudukan

Jumlah penduduk di Kecamatan Biringkanaya tahun 2023 mencapai 215.820 jiwa dengan penduduk laki-laki sebanyak 107.463 jiwa dan jumlah penduduk perempuan sebanyak 108.357 jiwa. Kelurahan Sudiang memiliki jumlah penduduk terbesar sebanyak 26.251 jiwa dengan jumlah penduduk laki-laki sebanyak 13.083 dan jumlah penduduk perempuan sebanyak 13.168 jiwa. Adapun kelurahan dengan jumlah penduduk terendah berada di Kelurahan Untia sebanyak 2.472 jiwa dengan jumlah penduduk laki-laki sebanyak 1.274 jiwa dan jumlah penduduk perempuan sebanyak 1.198 jiwa. Rasio jenis kelamin penduduk di Kecamatan Biringkanaya sebanyak 99,17 angka, hal ini menunjukkan bahwa pada 100 penduduk perempuan terdapat 99-100 penduduk laki-laki. Selain itu, Kecamatan Biringkanaya dengan luas 48,22 Km² memiliki tingkat kepadatan penduduk sebesar 4.475,74 jiwa/km².

Adapun kepadatan penduduk tertinggi berada di Kelurahan Paccarakang yaitu 9.791,24 jiwa/km² dan kepadatan penduduk terendah berada di Kelurahan Untia yaitu 55,36 jiwa/km². Adapun berdasarkan kelompok umur, jumlah penduduk di Kecamatan Biringkanaya didominasi oleh kelompok umur 5-24 tahun.

b. Pembahasan

1. Analisis Tingkat Urban Sprawl

Urban sprawl diukur dengan indikator kepadatan penduduk, kepadatan bangunan, jarak ke pusat kota, pembangunan dalam jangkauan jaringan jalan dan pembangunan lompatan katak.

a) Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk diperoleh dengan menggunakan data jumlah penduduk dibagi dengan luas lahan terbangun. Jumlah penduduk diperoleh dari data kependudukan berdasarkan Kecamatan Biringkanaya dalam angka 2024. Jumlah lahan terbangun diperoleh dari hasil intepetasi citra satelit tahun 2023 dan hasil observasi. Sehingga kepadatan penduduk di Kecamatan Biringkanaya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Perhitungan Kepadatan Penduduk Kecamatan Biringkanaya

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Luas Lahan (Km ²)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)
1	Paccerakang	21.247	1,10	19.257,69
2	Daya	13.030	2,69	4.845,00
3	Pai	24.571	2,48	9.911,97
4	Sudiang	24.613	1,22	20.223,96
5	Sudiang Raya	26.251	2,08	12.630,43
6	Bulurokeng	17.063	1,02	16.678,77
7	Untia	2.472	1,82	1.361,07
8	Berua	21.958	1,88	11.652,52
9	Katimbang	16.031	1,12	14.349,62
10	Bakung	31.623	0,82	38.739,29
11	Laikang	16.961	1,18	14.361,07
	Biringkanaya	215.820	17,41	164.011,38

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Berdasarkan Tabel 2. di atas, dapat diketahui bahwa Kelurahan Untia merupakan kelurahan dengan kepadatan penduduk terendah yaitu 1.361,07 jiwa/km² dan kepadatan penduduk tertinggi berada di Kelurahan Bakung yaitu 38.379,29 jiwa/km². Adapun besaran range untuk analisis kepadatan penduduk diperoleh range 12.459,41 dimana klasifikasi kepadatan penduduk untuk masing – masing kelurahan dapat dilihat pada Tabel 3. dibawah ini.

Klasifikasi range kepadatan penduduk:

Rendah : 1.361,07 – 13.820,48
 Sedang : 13.820,48 – 26.279,89
 Tinggi : 26.279,89 – 38.739,3

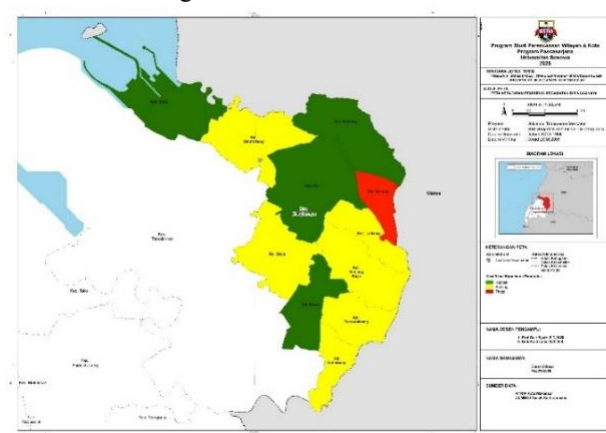
Tabel 3. Klasifikasi Kepadatan Penduduk Kecamatan Biringkanaya

Kelurahan	Klasifikasi Kepadatan			Skor
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Paccerakang	-	19.257.69	-	2
Daya	4.845.004	-	-	3
Pai	9.911.972	-	-	3
Sudiang Raya	-	20.223.96	-	2
Sudiang	12.630.43	-	-	3
Bulurokeng	-	16.678.77	-	2
Untia	1.361.067	-	-	3
Berua	11.652.52	-	-	3
Katimbang	-	14.349.62	-	2
Bakung	-	-	38.739.29	1
Laikang	-	14.361.07	-	2

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Berdasarkan hasil klasifikasi tingkat kepadatan penduduk di Kecamatan Biringkanaya, terindikasi tingkat urban sprawl yang tinggi berada di kelurahan dengan kepadatan penduduk rendah yaitu di Kelurahan Daya, Pai,

Sudiang, Untia dan Kelurahan Berua. Sedangkan untuk tingkat urban sprawl rendah terindikasi di kelurahan dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi yaitu berada di Kelurahan Bakung.



Gambar 7. Peta Kepadatan Penduduk Kecamatan Biringkanaya

b) Kepadatan Bangunan

Analisis kepadatan bangunan pada lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan data jumlah unit bangunan dibagi dengan luas lahan terbangun. Berikut analisis kepadatan bangunan pada berikut.

Tabel 4. Perhitungan Kepadatan Bangunan di Kecamatan Biringkanaya

No	Kelurahan	Jumlah Bangunan (Unit)	Luas Lahan Terbangun (Ha)	Kepadatan Bangunan (Unit/ha)
1	Paccerakang	4.373	51,67	84.63
2	Daya	3.349	114,39	29.28
3	Pai	7.547	122,66	61.53
4	Sudiang Raya	5.468	59,52	91.87
5	Sudiang	5.081	80,92	62.79
6	Bulurokeng	6.390	75,35	84.80
7	Untia	593	8,85	67.01
8	Berua	5.791	73,25	79.06
9	Katimbang	3.704	36,49	101.51
10	Bakung	3.156	41,39	76.25
11	Laikang	6.273	54,03	116.10
	Biringkanaya	51.725	718,52	71.99

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Berdasarkan hasil analisis kepadatan bangunan, diketahui bahwa kelurahan dengan tingkat kepadatan bangunan tertinggi berada di Kelurahan Laikang dengan tingkat kepadatan bangunan 116 unit/ha dan Kelurahan Katimbang dengan tingkat kepadatan bangunan 102 unit/ha. Sedangkan kepadatan bangunan terendah berada di Kelurahan Daya yaitu 29 unit/ha. Adapun besaran range kelas untuk analisis kepadatan bangunan yaitu sebesar 28,91 dimana klasifikasi kepadatan bangunan untuk masing-masing kelurahan dapat dilihat pada Tabel 5. berikut.

Klasifikasi range kepadatan bangunan:

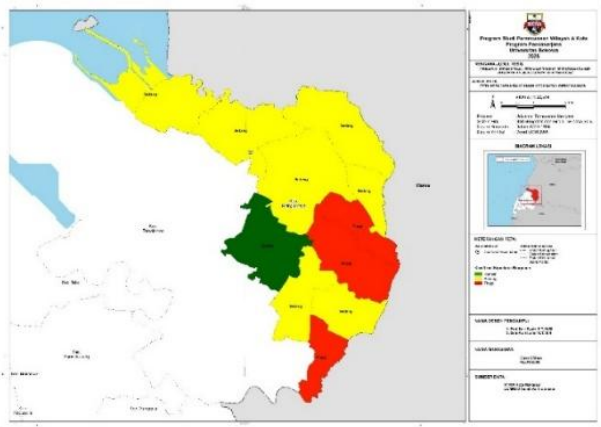
Rendah : 29,28 – 58,19
 Sedang : 58,19 – 87,10
 Tinggi : 87,10 – 116,01

Tabel 5. Klasifikasi Kepadatan Bangunan di Kecamatan Biringkanaya

Kelurahan	Klasifikasi Kepadatan			Skor
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Pacceraakang	-	84.63	-	2
Daya	29.28	-	-	3
Pai	-	61.53	-	2
Sudiang Raya	-	-	91.87	1
Sudiang	-	62.79	-	2
Bulurokeng	-	84.80	-	2
Untia	-	67.01	-	2
Berua	-	79.06	-	2
Katimbang	-	-	101.51	1
Bakung	-	76.25	-	2
Laikang	-	-	116.10	1

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Berdasarkan hasil klasifikasi tingkat kepadatan bangunan di Kecamatan Biringkanaya menunjukkan bahwa, kelurahan dengan tingkat kepadatan bangunan tinggi yaitu Kelurahan Sudiang Raya, Kelurahan Untia dan Kelurahan Laikang, mengindikasikan tingkat urban sprawl yang semakin rendah. Adapun klasifikasi terendah yaitu berada di Kelurahan Daya yang berarti mengindikasikan tingkat urban sprawl yang semakin tinggi.



Gambar 8. Peta Kepadatan Bangunan Kecamatan Biringkanaya

c) Jarak Ke Pusat Kota

Analisis jarak ke pusat kota dilakukan dengan mengukur jarak terjauh dari bangunan pada lokasi penelitian ke Daerah Pusat Kegiatan (CBD) Kota Makassar dengan menggunakan network analyst. Dimana titik pusat kegiatan ditentukan berdasarkan pendekatan teori struktur tata ruang kota yang berhubungan dengan perkembangan guna lahan dan perkembangan kota (Asmadi). Berikut adalah uraian Tabel 6. jarak CBD ke titik-titik permukiman pada wilayah penelitian.

Tabel 6. Perhitungan Jarak Pusat Kota ke Titik Permukiman di Kecamatan Biringkanaya

No	Kelurahan	Jarak Terjauh dari CBD (Km)
1	Pacceraakang	21.8
2	Daya	18.8
3	Pai	19.9
4	Sudiang Raya	18.9
5	Sudiang	19.6
6	Bulurokeng	16.0
7	Untia	17.5
8	Berua	20.6
9	Katimbang	20.0

No	Kelurahan	Jarak Terjauh dari CBD (Km)
10	Bakung	19.6
11	Laikang	19.2
	Biringkanaya	211.9

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Berdasarkan Tabel 6. di atas, diperoleh jarak kelurahan terjauh dari pusat kota yaitu Kelurahan Pacceraakang dengan jarak 21,8 km dan kelurahan dengan jarak terdekat adalah Kelurahan Bulurokeng dengan jarak 16,0 km. Adapun besaran range kelas untuk analisis jarak ke pusat kota adalah sebesar 1,93 dimana klasifikasi jarak ke pusat kota untuk masing – masing kelurahan dapat dilihat pada Tabel 7. berikut.

Klasifikasi range jarak ke pusat kota:

Rendah: 16,0 – 17,93

Sedang: 17,93 – 19,86

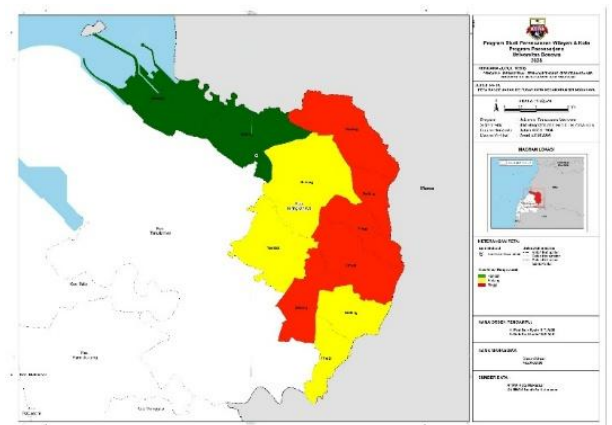
Tinggi: 19,86 – 21,79

Tabel 7. Klasifikasi Jarak Pusat Kota Kecamatan Biringkanaya

Kelurahan	Klasifikasi Kepadatan			Skor
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Pacceraakang	-	-	21,8	3
Daya	-	18,8	-	2
Pai	-	-	19,9	3
Sudiang Raya	-	18,9	-	2
Sudiang	-	19,6	-	2
Bulurokeng	16,0	-	-	1
Untia	17,5	-	-	1
Berua	-	-	20,6	3
Katimbang	-	-	20,0	3
Bakung	-	19,6	-	2
Laikang	-	19,2	-	2

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Dari perhitungan di atas, maka dapat diklasifikasikan bahwa Kelurahan Pacceraakang, Pai, Berua dan Kelurahan Katimbang terindikasi termasuk dalam tingkat *urban sprawl* yang tinggi dan Kelurahan Bulurokeng dan Kelurahan Untia terindikasi termasuk dalam tingkat urban sprawl yang rendah.



Gambar 9. Peta Jarak Ke Pusat Kota Kecamatan Biringkanaya

d) Buffer Jaringan Jalan

Analisis buffer jaringan jalan diukur dengan indeks highway strip dimana bangunan baru yang masuk ke dalam buffer jaringan jalan (100 m) dibagi dengan jumlah total bangunan baru pada tahun 2024.

Tabel 8. Perhitungan Indeks *Highway Strip* di Kecamatan Biringkanaya

Kelurahan	Jumlah Bangunan Pada Buffer Jalan (Unit)	Jumlah Total Bangunan Baru (Unit)	Indeks Highway Strip
Paccerakang	2.656	41	64.78
Daya	713	23	31.00
Pai	4.077	168	24.27
Sudiang Raya	2.863	26	110.12
Sudiang	1.951	70	27.87
Bulurokeng	902	156	5.78
Untia	203	44	4.61
Berua	3.146	54	58.26
Katimbang	2.178	43	50.65
Bakung	2.215	83	26.69
Laikang	4.911	29	169.34

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Berdasarkan perhitungan indeks *highway strip* di Kecamatan Biringkanaya, menunjukkan bahwa kelurahan dengan indeks *highway strip* terendah yaitu Kelurahan Bulurokeng dengan indeks 5,78unit dan Kelurahan Untia sebesar 4,61 unit. Sedangkan kelurahan dengan indeks *highway strip* tertinggi berada di Kelurahan Laikang dan Kelurahan Sudiang Raya. Adapun besaran range kelas untuk analisis buffer jaringan jalan adalah sebesar 54,91 dimana klasifikasi bangunan pada buffer jaringan jalan untuk masing-masing kelurahan dapat dilihat pada Tabel 9. berikut.

Klasifikasi range highway strip:

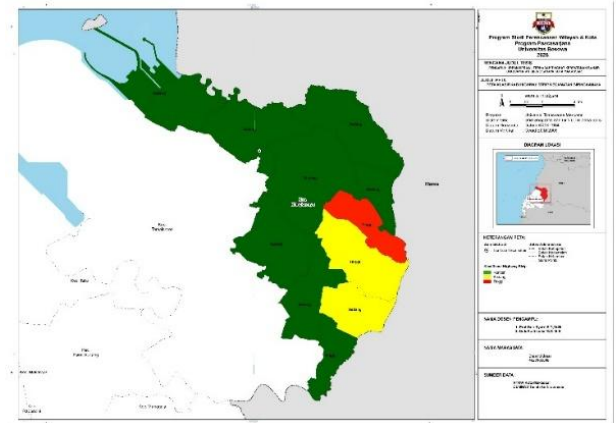
Rendah : 4,61 – 59,52
Sedang : 59,52 – 114,43
Tinggi : 114,43– 169,34

Tabel 9. Klasifikasi *Highway Strip* di Kecamatan Biringkanaya

Kelurahan	Klasifikasi			Skor
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Paccerakang	-	64,78	-	2
Daya	31.00	-	-	3
Pai	24,27	-	-	3
Sudiang Raya	-	110,12	-	2
Sudiang	2,87	-	-	3
Bulurokeng	5,78	-	-	3
Untia	4,61	-	-	3
Berua	58,26	-	-	3
Katimbang	50,65	-	-	3
Bakung	26,69	-	-	3
Laikang	-	-	169.34	1

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Dari hasil analisis di atas, maka dapat diklasifikasikan bahwa Kelurahan Laikang terindikasi termasuk dalam tingkat urban sprawl yang tinggi. Sedangkan untuk Kelurahan Daya, Pai, Sudiang, Bulurokeng, Untia, Berua, Katimbang dan Bakung terindikasi termasuk dalam tingkat urban sprawl yang rendah.



Gambar 10. Peta Klasifikasi *Highway Strip* Kecamatan Biringkanaya

e) Pola Pembangunan Lompatan Katak (*Leapfrog*)

Analisis ini dilakukan dengan pengukuran *leapfrog* yaitu mengukur total jarak bangunan baru yang terfragmentasi terhadap bangunan lama, kemudian dibagi dengan jumlah bangunan baru. Berikut adalah perhitungan indeks pembangunan lompatan katak di Kecamatan Biringkanaya.

Tabel 10. Perhitungan Indeks *Leapfrog* di Kecamatan Biringkanaya

Kelurahan	Total Jarak Bangunan Baru ke Bangunan Lama (Km)	Jumlah total Bangunan Baru (Unit)	Indeks Leapfrog
Paccerakang	0,37	41	0.01
Daya	1,66	23	0.07
Pai	2,25	168	0.01
Sudiang Raya	0,29	26	0.01
Sudiang	1,02	70	0.01
Bulurokeng	2,71	156	0.02
Untia	2,94	44	0.07
Berua	0,42	54	0.01
Katimbang	0,69	43	0.02
Bakung	0,84	83	0.01
Laikang	0,39	29	0.01

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025



Gambar 11. Pola *Leapfrog* di Kecamatan Biringkanaya

Berdasarkan pada hasil analisis di atas menunjukkan kelurahan dengan indeks *leapfrog* terendah berada di Kelurahan Paccerakang, Pai, Sudiang Raya, Sudiang, Berua, Bakung dan Laikang dengan indeks *leapfrog* masing-masing

0,01. Sedangkan Kelurahan Daya dan Kelurahan Untia memiliki indeks leapfrog tertinggi yaitu 0,07. Hasil perhitungan tersebut kemudian dapat menentukan klasifikasi tiap-tiap kelurahan berdasarkan skor sesuai dengan range yang telah diperoleh yaitu sebesar 0,02. Adapun klasifikasi tiap kelurahan dapat dilihat pada Tabel 11. berikut.

Klasifikasi range indeks leapfrog:

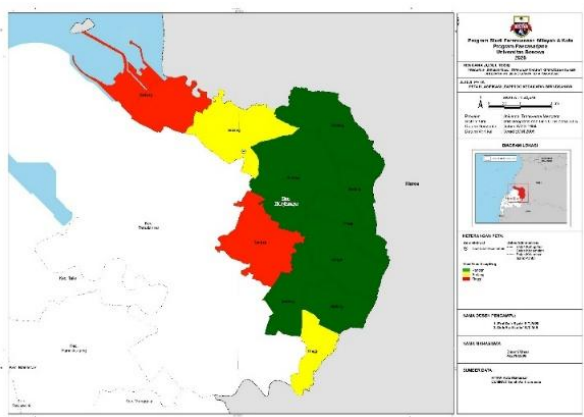
Rendah : 0,01 – 0,03
Sedang : 0,03 – 0,05
Tinggi : 0,05 – 0,07

Tabel 11. Klasifikasi *Highway Strip* di Kecamatan Biringkanaya

Kelurahan	Klasifikasi			Skor
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Pacceraakang	0,01	-	-	1
Daya	-	-	0,07	3
Pai	0,01	-	-	1
Sudiang Raya	0,01	-	-	1
Sudiang	0,01	-	-	1
Bulurokeng	-	0,02	-	2
Untia	-	-	0,07	3
Berua	0,01	-	-	1
Katimbang	-	0,02	-	2
Bakung	0,01	-	-	1
Laikang	0,01	-	-	1

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Dari hasil klasifikasi leapfrog di Kecamatan Biringkanaya menunjukkan bahwa Kelurahan Pacceraakang, Pai, Sudiang Raya, Sudiang, Berua, Bakung dan Laikang diklasifikasikan dalam tingkat urban sprawl rendah, sedangkan Kelurahan Daya dan Kelurahan Untia diklasifikasikan dalam tingkat urban sprawl tinggi.



Gambar 12. Peta Klasifikasi *Highway Strip* Kecamatan Biringkanaya

Berdasarkan hasil analisis indikator urban sprawl, maka untuk menganalisis tingkat urban sprawl pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 12. skoring parsial berikut.

Tabel 12. Perhitungan Skoring Parsial Kecamatan Biringkanaya

Kelurahan	Klasifikasi					Skor
	Kepadatan Penduduk	Kepadatan Bangunan	Jarak Kepusat Kota	Buffer Jaringan Jalan	Leap Frog	
Pacceraakang	2	2	3	2	1	10
Daya	3	3	2	3	3	14
Pai	3	2	3	3	1	12

Kelurahan	Klasifikasi					Skor
	Kepadatan Penduduk	Kepadatan Bangunan	Jarak Kepusat Kota	Buffer Jaringan Jalan	Leap Frog	
Sudiang Raya	2	1	2	2	1	8
Sudiang	3	2	2	3	1	11
Bulurokeng	2	2	1	3	2	10
Untia	3	2	1	3	3	12
Berua	3	2	3	3	1	12
Katimbang	2	1	3	3	2	11
Bakung	1	2	2	3	1	9
Laikang	2	1	2	1	1	7

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Dari hasil perhitungan skoring parsial di atas, dapat diketahui bahwa nilai tertinggi berada di Kelurahan Daya dengan total skor 14 dan Kelurahan Laikang dengan nilai terendah dengan skor 7. Dari skor tersebut kemudian diperoleh besaran range sebesar 2,33 yang akan digunakan untuk menentukan tipologi sprawl pada setiap kelurahan yang dapat dilihat pada Tabel 13. berikut.

Klasifikasi range tipologi urban sprawl:

Rendah: 7 – 9,33
Sedang: 9,33 – 11,66
Tinggi: 11,66 – 13,99

Tabel 13. Analisis Tingkat/Tipologi *Urban Sprawl* Kecamatan Biringkanaya

Kelurahan	Klasifikasi			Skor	Tipologi
	Rendah	Sedang	Tinggi		
Pacceraakang	-	10	-	2	Sedang
Daya	-	-	14	3	Tinggi
Pai	-	-	12	3	Tinggi
Sudiang Raya	8	-	-	1	Rendah
Sudiang	-	11	-	2	Sedang
Bulurokeng	-	10	-	2	Sedang
Untia	-	-	12	3	Tinggi
Berua	-	-	12	3	Tinggi
Katimbang	-	11	-	2	Sedang
Bakung	9	-	-	1	Rendah
Laikang	7	-	-	1	Rendah

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Hasil analisis tingkat urban sprawl di Kecamatan Biringkanaya menunjukkan bahwa Kelurahan Sudiang Raya, Kelurahan Bakung dan Kelurahan Laikang memiliki tingkat tipologi urban sprawl rendah. Sedangkan Kelurahan Pacceraakang, Kelurahan Sudiang, Kelurahan Bulurokeng dan Kelurahan Katimbang memiliki tingkat tipologi urban sprawl sedang. Adapun kelurahan dengan tingkat tipologi urban sprawl tinggi berada di Kelurahan Daya, Kelurahan Pai, Kelurahan Untia dan Kelurahan Berua.

2. Analisis Tingkat Kerentanan Banjir

Peta curah hujan, peta tingkat kelerengan, peta jenis tanah dan peta penggunaan lahan kemudian dianalisis spasial menggunakan metode skoring dan overlay union dengan ArcGIS sehingga diperoleh tingkat kerentanan banjir di masing-masing kecamatan pada Tabel 14 dan Gambar 13 berikut

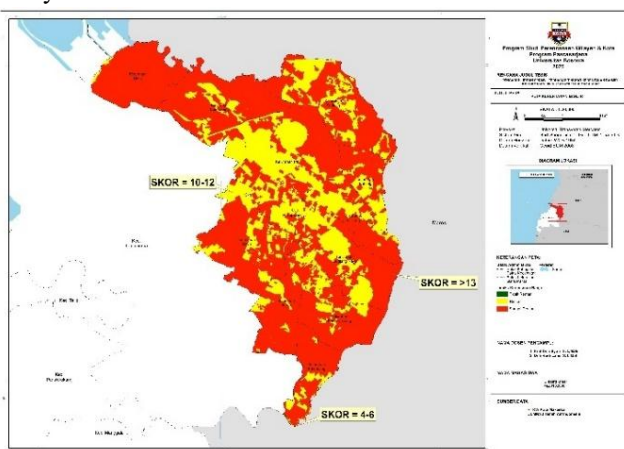
Tabel 14. Kerentanan Banjir di Kecamatan Biringkanaya

Kelurahan	Kerentanan	
	Rentan	Sangat Rentan
Bakung	0.59	1.02
Berua	0.67	2.26

Bulurokeng	0.87	3.46
Daya	1.08	3.08
Katimbang	0.29	1.59
Laikang	0.79	1.35
Paccerakkang	0.36	2.17
Pai	3.15	2.90
Sudiang	1.46	2.91
Sudiang Raya	1.55	2.28
Untia	0.05	2.88

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Berdasarkan Tabel 14. diatas, diketahui bahwa Tingkat kerentanan banjir di Kecamatan Biringkanaya berada pada kategori rentan dan sangat rentan. Di mana Kecamatan Biringkanaya di dominasi oleh kerentanan banjir kategori sangat rentan. Kondisi ini menunjukkan bahwa prospek pengembangan wilayah kedepannya bisa lebih diarahkan ke wilayah tersebut.



Gambar 13. Peta Kerentanan Banjir Kecamatan Biringkanaya

3. Analisis Korelasi

Uji korelasi Pearson digunakan untuk mengetahui hubungan antara tipologi urban sprawl dengan dua kategori tingkat kerentanan banjir, yaitu kerentanan banjir rentan dan kerentanan banjir sangat rentan. Hasil uji korelasi disajikan pada Tabel 15. berikut:

Tabel 15. Hasil Uji Korelasi Pearson

Variabel		Kerentanan Banjir Rentan	Kerentanan Banjir Sangat Rentan	Tipologi Urban Sprawl
Kerentanan Banjir Rentan	Pearson	1	.339	.145
	Correlation			
	Sig. (2-tailed)		.308	.670
Kerentanan Banjir Sangat Rentan	N	11	11	11
	Pearson	.339	1	.636*
	Correlation			
Tipologi Urban Sprawl	Sig. (2-tailed)	.308		.035
	N	11	11	11
	Pearson	.145	.636*	1
	Correlation			
	Sig. (2-tailed)	.670	.035	
	N	11	11	11

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Sumber: Hasil Analisis Peneliti, Tahun 2025

Berdasarkan hasil uji korelasi Pearson antara tipologi urban sprawl dan tingkat kerentanan banjir, diperoleh beberapa temuan sebagai berikut:

- Hubungan antara tipologi urban sprawl dan kerentanan banjir rentan menunjukkan nilai korelasi sebesar $r = 0,145$ dengan nilai signifikansi $p = 0,670$. nilai ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat lemah dan tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan yang nyata antara *tipologi urban sprawl* dengan tingkat kerentanan banjir kategori rentan di Kecamatan Biringkanaya.
- Hubungan antara tipologi urban sprawl dan kerentanan banjir sangat rentan menunjukkan nilai korelasi sebesar $r = 0,636$ dengan nilai signifikansi $p = 0,035$. nilai ini menunjukkan adanya hubungan kuat dan signifikan secara statistik ($p < 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi tipologi urban sprawl di suatu wilayah, semakin besar kemungkinan wilayah tersebut termasuk dalam kategori sangat rentan terhadap banjir.
- Hubungan antara kerentanan banjir rentan dan kerentanan banjir sangat rentan menunjukkan nilai korelasi sebesar $r = 0,339$ dengan signifikansi $p = 0,308$. Hubungan ini termasuk dalam kategori lemah dan tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua kategori kerentanan tersebut tidak memiliki keterkaitan yang berarti secara statistik.

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa tipologi urban sprawl memiliki hubungan yang signifikan dengan tingkat kerentanan banjir, khususnya pada kategori sangat rentan. Kawasan dengan karakteristik urban sprawl seperti pembangunan yang menyebar secara acak (*leapfrog*), kepadatan rendah, serta konversi lahan yang masif dari lahan terbuka menjadi lahan terbangun menunjukkan kerentanan yang jauh lebih tinggi terhadap bencana banjir. Temuan ini sejalan dengan beberapa studi, yang mengungkapkan bahwa bentuk urbanisasi tidak terkendali secara spasial meningkatkan intensitas limpasan permukaan dan menurunkan kapasitas penyerapan air tanah, sehingga memperparah risiko banjir terutama di wilayah dengan infrastruktur drainase yang belum memadai. (Feng et al., 2021; Sinha et al., 2019).

Namun demikian, korelasi antara urban sprawl dan kerentanan banjir pada kategori rentan tidak menunjukkan hubungan yang signifikan secara statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun penyebaran spasial pembangunan memiliki kontribusi terhadap risiko banjir, dampaknya tidak selalu linier di semua kategori kerentanan. Faktor lain seperti topografi, kepadatan penduduk, kapasitas sistem drainase, serta keberadaan ruang terbuka hijau juga berperan penting dalam mempengaruhi tingkat kerentanan tersebut. Dikemukakan oleh beberapa studi, mendukung hal ini dengan menyatakan bahwa risiko banjir dipengaruhi oleh

interaksi kompleks antara penggunaan lahan, infrastruktur, dan kondisi biofisik kawasan (Liu et al., 2023; Xu et al., 2022).

Dengan demikian, pola pembangunan perkotaan yang tidak terkendali cenderung memperburuk situasi di kawasan dengan kerentanan tinggi, khususnya di wilayah dataran rendah yang secara alami memiliki kapasitas resapan yang lebih kecil. Oleh karena itu, pengendalian urban sprawl melalui kebijakan tata ruang yang berbasis risiko bencana menjadi sangat krusial dalam upaya mengurangi kerentanan banjir di kawasan sub-urban seperti Kecamatan Biringkanaya. Strategi ini juga direkomendasikan oleh beberapa penelitian, yang menekankan pentingnya integrasi antara perencanaan spasial dan manajemen risiko hidrometeorologi dalam konteks urbanisasi cepat. (Truu et al., 2021; Esmail et al., 2022).

4. Upaya Pengendalian Pengaruh Urban Sprawl Terhadap Tingkat Kerentanan Banjir

Berdasarkan hasil analisis korelasi, ditemukan bahwa tipologi urban sprawl memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kerentanan banjir, terutama pada kategori wilayah dengan tingkat kerentanan sangat tinggi. Pola penyebaran permukiman yang tidak terkendali, seperti pembangunan yang menyebar secara acak (leapfrog), perubahan tata guna lahan tanpa mempertimbangkan kapasitas lingkungan, serta minimnya infrastruktur penunjang menyebabkan tingginya risiko banjir di kawasan tersebut. Temuan ini sejalan dengan beberapa studi, yang menunjukkan bahwa urban sprawl meningkatkan kerentanan banjir melalui peningkatan aliran permukaan dan pengurangan kapasitas resapan air, terutama di wilayah dengan pertumbuhan spasial yang tidak terkendali (Li et al., 2022; Pappalardo & La Rosa, 2023).

Dalam konteks ini, strategi pengendalian sangat penting untuk memitigasi dampak negatif urban sprawl terhadap risiko banjir. Pendekatan pengendalian tersebut dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama: tata ruang, lingkungan, dan kelembagaan. Pendekatan tata ruang meliputi penataan kembali rencana wilayah dengan memperkuat zonasi area rawan banjir serta membatasi pembangunan di daerah tangkapan air. Beberapa studi, menegaskan pentingnya integrasi antara kebijakan spasial dan manajemen risiko banjir untuk meningkatkan ketahanan kawasan perkotaan. (Dawson et al., 2020; Romanchyshyna, 2022)

Pendekatan lingkungan mencakup pemulihan ruang terbuka hijau, pembangunan infrastruktur hijau seperti taman resapan dan bio-swale, serta restorasi lahan basah sebagai area penyangga alami. Inisiatif ini terbukti efektif dalam mengurangi beban limpasan air hujan dan memperbaiki kualitas drainase alami. (Nowogoński, 2021) Sementara itu, pendekatan kelembagaan melibatkan penguatan koordinasi antar lembaga terkait, peningkatan partisipasi masyarakat dalam perencanaan kota, serta

penyusunan regulasi yang adaptif terhadap risiko bencana berbasis spasial.

Dengan demikian, pengelolaan urban sprawl yang adaptif dan berkelanjutan melalui pendekatan multidimensional menjadi kunci dalam menekan kerentanan banjir di kawasan pinggiran kota seperti Kecamatan Biringkanaya. Perencanaan terpadu antara kebijakan tata ruang, perlindungan lingkungan, dan penguatan kelembagaan dapat menjadi model intervensi jangka panjang untuk mewujudkan kota yang lebih resilien terhadap bencana hidrometeorologi.

1) Penguatan Pengendalian Tata Ruang

- a) Penegakan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW): Pengawasan ketat terhadap pelaksanaan RTRW diperlukan agar pemanfaatan lahan sesuai dengan peruntukannya, terutama di kawasan rawan banjir.
- b) Zonasi Pembangunan: Pembatasan pembangunan di zona yang memiliki nilai kerentanan banjir tinggi, misalnya melalui penetapan *zona lindung*, *zona hijau*, atau *buffer zone* di sepanjang daerah aliran sungai.
- c) Pengendalian konversi lahan: Mengendalikan perubahan lahan terbuka menjadi lahan terbangun, khususnya di wilayah pinggiran kota yang menjadi titik ekspansi *urban sprawl*.

2) Penerapan Infrastruktur Hijau dan Adaptasi Lingkungan

- a) Peningkatan Ruang Terbuka Hijau (RTH): Menambah kawasan resapan air seperti taman kota, jalur hijau, dan hutan kota untuk mengurangi limpasan permukaan.
- b) Implementasi sistem drainase berkelanjutan (*sustainable drainage system*/SuDS) seperti biopori, sumur resapan, dan kolam retensi di kawasan urban sprawl.
- c) Revitalisasi daerah sempadan sungai dan kanal agar fungsi ekologisnya dapat mendukung mitigasi banjir.

3) Pendekatan Kelembagaan dan Partisipatif

- a) Kolaborasi lintas sektor dan wilayah: Pemerintah kota, kabupaten, dan provinsi perlu bekerja sama dalam merumuskan kebijakan pertumbuhan kota yang terkendali dan tahan terhadap bencana.
- b) Pendidikan dan sosialisasi masyarakat: Meningkatkan kesadaran masyarakat akan dampak urban sprawl dan pentingnya menjaga keseimbangan ekologis di kawasan permukiman.
- c) Penguatan data spasial dan sistem informasi geospasial: Pemanfaatan data spasial (GIS) untuk pemetaan kawasan risiko dan pengambilan keputusan berbasis bukti.

Pengendalian urban sprawl di wilayah perkotaan, termasuk di Kecamatan Biringkanaya, tidak dapat dilakukan secara sektoral atau parsial, melainkan membutuhkan pendekatan yang holistik dan integratif. Hal ini mencakup

tiga komponen utama: penataan ruang yang berbasis risiko bencana, konservasi lingkungan secara berkelanjutan, dan penguatan kapasitas kelembagaan lokal. Penataan ruang yang adaptif diperlukan untuk mengarahkan pembangunan ke wilayah yang memiliki daya dukung dan daya tampung lingkungan yang memadai, sekaligus menghindari pembangunan di zona rawan banjir. (Arief & Thahir, 2020). Pengembangan kota harus mempertimbangkan pola penggunaan lahan yang responsif terhadap perubahan iklim dan dinamika hidrologi wilayah.

Konservasi lingkungan, seperti mempertahankan area resapan dan ruang terbuka hijau, merupakan langkah preventif untuk mengurangi limpasan permukaan (surface runoff) akibat konversi lahan secara masif. Menurut beberapa penelitian, hilangnya vegetasi alami dan meningkatnya impervious surfaces merupakan faktor utama yang meningkatkan risiko banjir pada kawasan urban sprawl (Mei et al., 2020; Huang et al., 2022). Di samping itu, penguatan kelembagaan dalam pengendalian tata ruang dan pembangunan perkotaan menjadi kunci penting untuk implementasi kebijakan yang konsisten dan partisipatif. Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sipil perlu diperkuat dalam bentuk perencanaan partisipatif dan penegakan regulasi tata ruang yang ketat, (Marciano, 2023; Gupte et al., 2022) sebagaimana diusulkan oleh beberapa peneliti.

Dengan demikian, langkah-langkah pengendalian urban sprawl yang terintegrasi tidak hanya bertujuan untuk meminimalkan kerentanan terhadap banjir, tetapi juga mendorong pembangunan kota yang lebih adaptif, inklusif, dan berkelanjutan. Penelitian ini menegaskan bahwa penanganan fenomena urban sprawl perlu menjadi bagian dari kebijakan mitigasi bencana dan strategi pembangunan jangka panjang di kawasan pinggiran kota seperti Kecamatan Biringkanaya.

Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara tingkat urban sprawl dan tingkat kerentanan banjir di Kecamatan Biringkanaya. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa tipologi urban sprawl secara signifikan berkorelasi dengan kategori wilayah yang memiliki tingkat kerentanan banjir sangat tinggi, namun tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap wilayah dengan kategori kerentanan sedang atau rendah. Secara umum, semakin tinggi tingkat urban sprawl di suatu wilayah, maka semakin tinggi pula tingkat kerentanannya terhadap banjir. Sebaliknya, wilayah dengan tingkat urban sprawl yang rendah cenderung memiliki kerentanan yang lebih rendah. Adapun klasifikasi tipologi urban sprawl di Kecamatan Biringkanaya terbagi menjadi tiga tipe. Tipologi 1, dengan tingkat urban sprawl rendah, tersebar di Kelurahan Sudiang Raya, Bakung, dan Laikang. Tipologi 2, dengan

tingkat urban sprawl sedang, terdapat di Kelurahan Paccerrakkang, Sudiang, Bulurokeng, dan Katimbang. Sementara itu, tipologi 3, dengan tingkat urban sprawl tinggi, tersebar di Kelurahan Daya, Pai, Untia, dan Berua.

Sebagai upaya pengendalian terhadap dampak negatif urban sprawl terhadap kerentanan banjir, diperlukan pendekatan integratif yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan, baik dari pemerintah kota, sektor swasta atau pengembang, maupun masyarakat. Kolaborasi multipihak ini bertujuan untuk membentuk sistem perencanaan dan pengendalian penggunaan lahan yang lebih adaptif dan berkelanjutan, guna menekan potensi risiko banjir di kawasan-kawasan yang mengalami tekanan pertumbuhan urban yang tinggi. Pendekatan semacam ini menjadi kunci dalam menciptakan tata kelola perkotaan yang lebih resilien terhadap dampak perubahan tata guna lahan dan bencana hidrometeorologis di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- Afriyanie, D., Julian, M. M., & Nugraha, H. (2022). Urban Flood Resilience through Spatial Plan in Bandung City, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012052>
- Ahmed, M., Mirza, M. A., Raza, S., Ahmad, H., Khan, W. U., & Han, Z. (2023). Vehicular Communication Network Enabled CAV Data Offloading: A Review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. <https://doi.org/10.1109/tits.2023.3263643>
- Arief, I., & Thahir, H. (2020). Adaptive reuse to concept of land use planning and design. Case study: Independent integrated city in Morowali, Central Sulawesi. <https://doi.org/10.1051/MATECCONF/202033107004>
- Avand, M. T., Moradi, H. R., & lasboyee, M. R. (2022). Predicting temporal and spatial variability in flood vulnerability and risk of rural communities at the watershed scale. *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116261>
- Burke, R., Xing, J., Ford, A., & Dawson, R. (2022, November 1). A geospatial modelling framework to assess flood risk under future scenarios of urban form (vision paper). *Proceedings of the 30th International Conference on Advances in Geographic Information Systems*. <https://doi.org/10.1145/3557915.3560945>
- Cao, C., Su, M., Duan, S., Dai, M., Li, J., & Li, Y. (2022). QoS-Aware Joint Task Scheduling and Resource Allocation in Vehicular Edge Computing. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s22239340>
- Chen, N., & Liu, W. (2022). Urban Disaster Risk Prevention and Mitigation Strategies from the Perspective of Climate Resilience. *Wireless Communications and Mobile Computing*. <https://doi.org/10.1155/2022/4907084>
- Cooperative Transmission Scheduling and Computation Offloading With Collaboration of Fog and Cloud for

- Industrial IoT Applications. (2023).IEEE Internet of Things Journal. <https://doi.org/10.1109/jiot.2022.3150070>
- Dawson, D., Vercruyse, K., & Wright, N. (2020). A spatial framework to explore needs and opportunities for interoperable urban flood management.Philosophical Transactions of the Royal Society A. <https://doi.org/10.1098/RSTA.2019.0205>
- Egidi, G., Cividino, S., Vinci, S., Sateriano, A., & Salvia, R. (2020). Towards Local Forms of Sprawl: A Brief Reflection on Mediterranean Urbanization.Sustainability. <https://doi.org/10.3390/SU12020582>
- Energy Consumption and QoS-Aware Co-Offloading for Vehicular Edge Computing. (2023).IEEE Internet of Things Journal. <https://doi.org/10.1109/jiot.2022.3221966>
- Energy-Efficient Cooperative Offloading for Edge Computing-Enabled Vehicular Networks. (2022).IEEE Transactions on Wireless Communications. <https://doi.org/10.1109/twc.2022.3186590>
- Esmail, A., Abdrabo, K. I., Saber, M., Sliuzas, R., Atun, F., Kantoush, S. A., & Sumi, T. (2022). Integration of flood risk assessment and spatial planning for disaster management in Egypt.Progress in Disaster Science. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2022.100245>
- Feng, B., Zhang, Y., & Bourke, R. (2021). Urbanization impacts on flood risks based on urban growth data and coupled flood models.Natural Hazards. <https://doi.org/10.1007/S11069-020-04480-0>
- Glaeser, E. L., Glaeser, E. L., Glaeser, E. L., Kahn, M. E., & Kahn, M. E. (2001). Decentralized Employment and the Transformation of the American City.Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/SSRN.263257>
- Gupte, J., Clark, L., Ghosh, D., Babu, S., Mehra, P., Raza, A. A., Sharma, V., Kumar, Y., Mishra, A., Shrivastava, K., Kulkarni, P., Fort, R., Escobar Espinoza, Á. A., Chuquipiondo, A., Rathore, J. S., & Pillai, D. (2022).Embedding Community Voice into Smart City Spatial Planning.
- Hazra, A., Donta, P. K., Amgoth, T., & Dustdar, S. (2023). Cooperative Transmission Scheduling and Computation Offloading With Collaboration of Fog and Cloud for Industrial IoT Applications.IEEE Internet of Things Journal. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3150070>
- Huang, J., Yang, Y., Yang, Y., Fang, Z., & Wang, H. (2022). Risk assessment of urban rainstorm flood disaster based on land use/land cover simulation.Hydrological Processes. <https://doi.org/10.1002/hyp.14771>
- Joint Communication, Computation, and Control for Computational Task Offloading in Vehicle-Assisted Multi-Access Edge Computing. (2022).IEEE Access. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3220251>
- Li, X., Hou, J., Pan, Z., Li, B., Jing, J., & Shen, J. (2022). Responses of urban flood processes to local land use using a high-resolution numeric model.Urban Climate. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101244>
- Liu, D., Zheng, X., & Zhang, L. (2021). Simulation of Spatiotemporal Relationship between COVID-19 Propagation and Regional Economic Development in China.Land. <https://doi.org/10.3390/LAND10060599>
- Liu, J., Xiong, J., Chen, Y., Sun, H. K., Zhao, X., Tu, F., & Gu, Y. (2023). An integrated model chain for future flood risk prediction under land-use changes.Journal of Environmental Management. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118125>
- Lv, W., Yang, P., Zheng, T., Yi, B., Ding, Y., Wang, Q., & Deng, M. (2023). Energy Consumption and QoS-Aware Co-Offloading for Vehicular Edge Computing.IEEE Internet of Things Journal. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3221966>
- Marciano, C. R. (2023).Participatory Design and Public Policies: The Case of the General Regional Waste Plan in Valle d'Aosta (Italy). <https://doi.org/10.3390/waste1020028>
- Mei, C., Liu, J., Wang, H., Li, Z., Yang, Z., Shao, W., Xiangyi, D., Baisha, W., Yu, Y., & Yan, D. (2020). Urban flood inundation and damage assessment based on numerical simulations of design rainstorms with different characteristics.Science China-Technological Sciences. <https://doi.org/10.1007/S11431-019-1523-2>
- Nowogoński, I. (2021). Runoff Volume Reduction Using Green Infrastructure.Land. <https://doi.org/10.3390/LAND10030297>
- Online Distributed Optimization for Energy-Efficient Computation Offloading in Air-Ground Integrated Networks. (2023).IEEE Transactions on Vehicular Technology. <https://doi.org/10.1109/tvt.2022.3224765>
- Pagett, R. (2021).Principles Regarding Urbanisation, Disaster Risks and Resilience. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61278-8_3
- Pappalardo, V., & La Rosa, D. (2023). Spatial Analysis of Flood Exposure and Vulnerability for Planning More Equal Mitigation Actions.Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su15107957>
- Romanchyshyna, I. (2022).The role of risk transfer and spatial planning for enhancing the flood resilience of cities. <https://doi.org/10.4337/9781800379534.00019>
- Sinha, M. K., Baghel, T., Baier, K., Verma, M. K., Jha, R., & Azzam, R. (2019).Impact of Urbanization on Surface Runoff Characteristics at Catchment Scale. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2044-6_3
- Truu, M., Annus, I., Roosimägi, J., Kändler, N., Vassiljev, A., & Kaur, K. (2021). Integrated Decision Support System for Pluvial Flood-Resilient Spatial Planning in Urban Areas.Water. <https://doi.org/10.3390/W13233340>
- Vermeiren, K. (2022). Modelling urban sprawl and assessing its costs in the planning process: A case study in Flanders, Belgium.Land Use Policy. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105902>
- Wang, M., Fu, X.-J., Zhang, D., Chen, F., Liu, M., Zhou, S., Su, J., & Tan, S. K. (2023). Assessing urban flooding risk in response to climate change and urbanization based on shared socio-economic pathways.Science of The Total Environment. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163470>
- Wang, Y., Li, C., Liu, M., Cui, Q., Wang, H., Lv, J., Li, B., Xiong, Z., & Hu, Y. (2022). Spatial characteristics and driving factors of urban flooding in Chinese

- megacities. *Journal of Hydrology*.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128464>
- Wijayawardana, N., Abenayake, C., Jayasinghe, A., & Dias, N. (2023). An Urban Density-Based Runoff Simulation Framework to Envisage Flood Resilience of Cities. *Urban Science*.
<https://doi.org/10.3390/urbansci7010017>
- Xu, C., Fu, H., Yang, J., & Wang, L. (2022). Assessment of the Relationship between Land Use and Flood Risk Based on a Coupled Hydrological–Hydraulic Model: A Case Study of Zhaojue River Basin in Southwestern China. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land11081182>
- Zanoletti, A., & Bontempi, E. (2023). Editorial: Urban runoff of pollutants and their treatment. *Frontiers in Environmental Chemistry*.
<https://doi.org/10.3389/fenvc.2023.1151859>
- Zhang, H., Feng, L., Liu, X., Long, K., & Karagiannidis, G. K. (2023). User Scheduling and Task Offloading in Multi-Tier Computing 6G Vehicular Network. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*.
<https://doi.org/10.1109/JSAC.2022.3227097>
- Zhang, H., Liu, X., Xie, Y., Gou, Q., Li, R., Qiu, Y., Hu, Y., & Huang, B. (2022). Assessment and Improvement of Urban Resilience to Flooding at a Subdistrict Level Using Multi-Source Geospatial Data: Jakarta as a Case Study. *Remote Sensing*.
<https://doi.org/10.3390/rs14092010>
- Zhu, H., Yao, J., Meng, J., Cui, C., Wang, M., & Yang, R. (2023). A Method to Construct an Environmental Vulnerability Model Based on Multi-Source Data to Evaluate the Hazard of Short-Term Precipitation-Induced Flooding. *Remote Sensing*.
<https://doi.org/10.3390/rs15061609>