

## **Pengaruh Kelerengan terhadap Perkembangan Lahan Terbangun di Kabupaten Serang, Provinsi Banten**

### *The Influence of Slope on the Development of Built-up Land in Serang Regency, Banten Province*

**Rakyan Paksi Nagara<sup>1\*</sup>, & Adi Wibowo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Gedung H, Jalan Margonda Raya, Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424 Indonesia; \*Penulis korespondensi.

*e-mail:* rakyan.paksi@ui.ac.id

(Diterima: 1 Mei 2024; Disetujui: 5 Juli 2024)

#### **ABSTRACT**

*The flow of urbanization is unstoppable as the population grows, which is followed by an increase in the need for built-up land such as housing, commercial centers, public services, industry. Meanwhile, each land has different characteristics to support these human activities. In land suitability studies, the slope is an important factor and is always involved. This study aims to determine the influence of slope on the development of built-up land in Serang Regency, as one of the areas with a high population growth rate and a variety of regional morphologies. Land cover/land use change analysis was used to determine the spatial distribution of additional built-up land in the period 2019-2023 and 2023-2031. 87% of the additional built-up land in 2019-2023 is located in areas with slopes of 2-15%. Then based on the Serang Regency Regional Spatial Plan 2011-2031, as much as 84% of the additional built-up land is in areas with slopes of 2-15%. This shows that the slope aspect has had a significant influence on the development of Serang Regency, where more than 80% of the additional built-up land has been located in zones that are safe from land slide.*

*Keywords: slope, build-up area, landuse/landcover change, spatial planning, spatial analysis*

#### **ABSTRAK**

Arus urbanisasi tidak terbendung seiring pertumbuhan populasi penduduk, yang diikuti dengan penambahan kebutuhan lahan terbangun seperti hunian, pusat perniagaan, pelayanan umum, industri. Sementara itu, setiap lahan memiliki karakteristik berbeda untuk dapat mendukung kegiatan manusia tersebut. Dalam kajian kesesuaian lahan, kelerengan menjadi faktor penting dan selalu dilibatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kelerengan terhadap perkembangan lahan terbangun di Kabupaten Serang, sebagai salah satu wilayah dengan laju pertumbuhan penduduk tinggi dan memiliki variasi morfologi wilayah yang beragam. Analisis perubahan penutupan/penggunaan lahan digunakan untuk mengetahui distribusi spasial penambahan lahan terbangun dalam kurun waktu 2019-2023 dan 2023-2031. Sejumlah 87% penambahan lahan terbangun tahun 2019-2023 berada pada daerah dengan kelerengan 2-15%. Lalu berdasarkan RTRW Kabupaten Serang tahun 2011-2031, sebanyak 84% penambahan lahan terbangun berada pada daerah dengan kelerengan 2-15%. Hal ini menunjukkan aspek kelerengan telah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pembangunan Kabupaten Serang, dimana lebih dari 80% penambahan lahan terbangun telah berada di zona yang aman dari tanah longsor.

Kata kunci: kelerengan, lahan terbangun, perubahan penutup/penggunaan lahan, rencana tata ruang, analisis spasial

## PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan waktu, jumlah populasi di berbagai tempat umumnya terus bertambah (Sadigov, 2022). Jumlah populasi Indonesia selalu bertambah tiap tahunnya, meskipun laju pertumbuhannya terus mengalami penurunan, terutama pada tahun 2022 saat terjadi Pandemi Covid-19 (Worldometer, 2024). Kondisi ini menyebabkan arus urbanisasi terus terjadi di berbagai wilayah (Buhaug, 2013). Urbanisasi tidak hanya didefinisikan sebagai perpindahan penduduk dari kawasan perdesaan menuju perkotaan, melainkan perubahan secara fisik, ekonomi, serta sosial dari wilayah perdesaan menjadi perkotaan (Simpson, 1999; Hussain & Imitiyas, 2018; Moll *et al.*, 2019; Streule *et al.*, 2020). Transformasi dari kawasan pedesaan menjadi perkotaan ditunjukkan dengan ciri pergeseran kegiatan dari yang semula berbasis agrikultural menjadi industri dan pelayanan, yang tentunya diikuti dengan pertumbuhan kawasan terbangun (Dijkstra *et al.*, 2021).

Hunian merupakan salah satu kebutuhan pokok, dimana manusia tinggal dan bekerja (Liu *et al.*, 2023). Peningkatan jumlah populasi yang disebabkan fertilitas dan migrasi, akan berimplikasi pada peningkatan kebutuhan lahan terbangun (Farizka *et al.*, 2019). Kondisi ini memaksa terjadinya alih fungsi lahan dari semula berupa lahan non-terbangun seperti kawasan hutan, perkebunan, pertanian, menjadi kawasan terbangun, terutama lingkungan hunian (Chen *et al.*, 2024). Wilson *et al.*, (2003) menggolongkan pola pertumbuhan terbangun menjadi 3 tipe, yaitu pertumbuhan dari dalam terbangun yang telah ada, pertumbuhan di pinggiran terbangun yang telah ada, serta pertumbuhan terbangun terpisah dari terbangun yang telah ada. Pola-pola tersebut menunjukkan aspek aksesibilitas menjadi faktor dominan dalam proses pertumbuhan lahan terbangun, seperti permukiman, pusat niaga, pelayanan umum, industri, dan sebagainya.

Di sisi lain, setiap lahan memiliki karakteristik lingkungan fisik yang berbeda dalam mendukung pembangunan (Abidin &

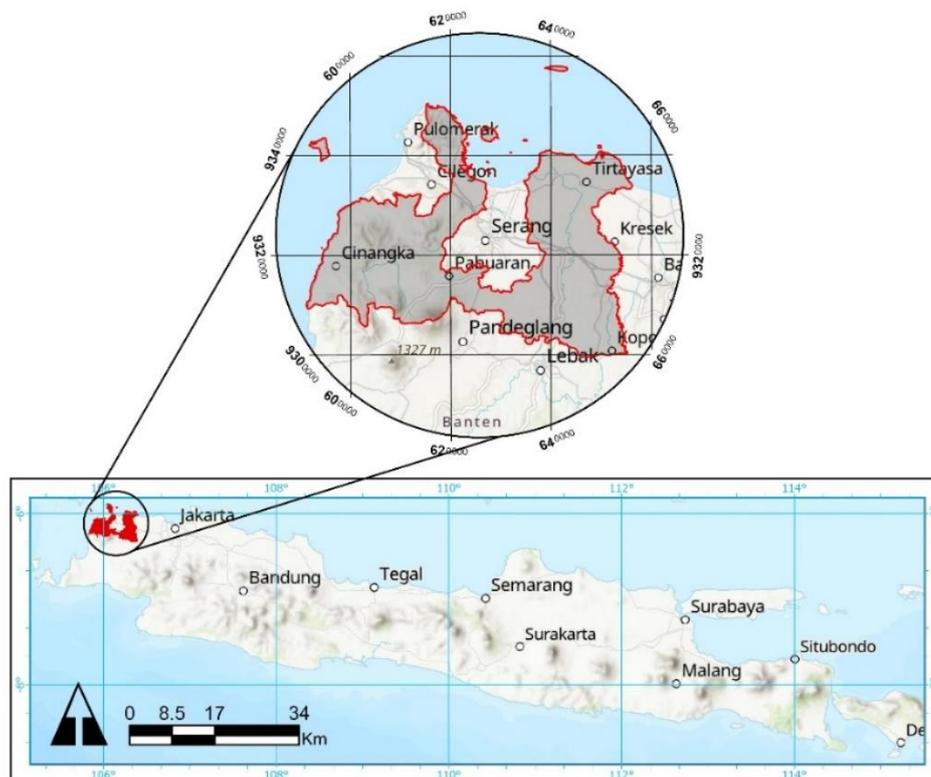
Haseeb, 2020). Aspek fisik lingkungan memberikan implikasi yang signifikan terhadap jenis pemanfaatan lahan yang dapat dilakukan (Métay *et al.*, 2017). Tidak semua lahan dapat dimanfaatkan sebagai lingkungan terbangun untuk aktivitas manusia secara ideal (Anggraini *et al.*, 2022). Keterbatasan lingkungan fisik dapat memberikan dampak bencana yang beragam, mulai dari ancaman bencana gerakan tanah, gempa bumi, banjir, tsunami, erupsi gunung (Chaudhary & Piracha, 2021). Maka pengembangan kawasan untuk menjadi lahan terbangun tentunya harus memenuhi kriteria keamanan lokasi dari ancaman bencana .

Dalam rangka mencari lokasi yang ideal untuk aktivitas manusia, dibutuhkan suatu kajian spasial mengenai kesesuaian lahan atau *land suitability analysis* (LSA) (Al-Ghorayeb *et al.*, 2023). Konsep LSA pertama kali dikemukakan oleh Storie tahun 1930 untuk melakukan penilaian kualitas lahan pertanian (Rossiter, 1996). Sejalan dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi, metode LSA berbasis sistem informasi geografi (SIG) tidak hanya dilakukan pihak-pihak yang bergerak di bidang agrikultur saja, namun banyak juga diterapkan pada bidang pengembangan wilayah (Malczewski, 2004). LSA telah banyak dimanfaatkan dalam studi penentuan kawasan terbangun dengan melibatkan berbagai variabel yang mencakup fisik lingkungan, ekonomi, serta sosial (Anderson *et al.*, 2007; Halik *et al.*, 2013; Ilayaraja *et al.*, 2017; Jiaying *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2022; Alam *et al.*, 2023). Dari beberapa kajian mengenai kelayakan lahan terbangun tersebut, seluruhnya melibatkan fisik lingkungan berupa kemiringan lereng. Hal ini menegaskan bahwa faktor kelerengan memiliki peran yang penting dalam menentukan pemanfaatan lahan. Semakin datar kondisi lahan maka semakin aman dan mudah lahan untuk dimanfaatkan, khususnya sebagai terbangun (Zhang *et al.*, 2022). Sebaliknya, semakin miring suatu lahan akan berimplikasi pada potensi gerakan tanah yang tinggi, serta tingkat kesulitan dan biaya yang lebih dalam pengupayaan lahan (Anderson *et al.*, 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana faktor kemiringan tanah atau kelerengan menentukan perkembangan lahan terbangun. Evaluasi perkembangan lahan terbangun dilakukan dengan melihat kondisi perubahan penutup/penggunaan secara eksisting serta pada rencana pengembangan kawasan terbangun. Wilayah yang diangkat dalam penelitian adalah Kabupaten Serang, yang berada pada wilayah administrasi Provinsi Banten. Kabupaten Serang memiliki area yang cukup luas dengan morfologi yang bervariasi mulai dari datar/landai, hingga perbukitan (Naryanto, 2021). Berdasarkan peta risiko bencana yang dikeluarkan Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nasional (BNPB), wilayah Kabupaten Serang, khususnya di bagian barat memiliki indeks risiko tanah longsor rendah hingga sedang. Maka pertanyaan yang muncul adalah bagaimana distribusi spasial perkembangan lahan terbangun yang terjadi Kabupaten Serang. Lalu bagaimana peran aspek kelerengan dalam menentukan distribusi spasial perkembangan lahan terbangun yang terjadi maupun rencana pengembangan kedepan.

## METODOLOGI

Penelitian ini melakukan kajian untuk mengetahui bagaimana kondisi kelerengan yang ada wilayah Kabupaten Serang. Selanjutnya akan dilakukan evaluasi terdapat dua kondisi, yaitu perkembangan lahan terbangun yang telah terjadi dan rencana pengembangan lahan terbangun berdasarkan rencana tata ruang. Analisis spasial *overlay* dilakukan berbasis pada Sistem Informasi Geospasial (SIG), untuk mengetahui seberapa besar penambahan permukiman dan kaitannya secara spasial terhadap kondisi kelerengan di Kabupaten Serang. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peta kelerengan, peta penutupan/penggunaan lahan eksisting, serta peta rencana tata ruang [Tabel 1]. Kabupaten Serang masuk dalam wilayah Provinsi Banten yang berada di ujung barat Pulau Jawa [Gambar 1]. Kabupaten Serang dipilih karena memiliki morfologi yang cukup beragam mulai dari landai, bergelombang, berbukit, hingga bergunung, sehingga menarik untuk dikaji.



Gambar 1. Lokasi Penelitian  
Sumber: Pusat Pemetaan Batas Wilayah BIG, 2022

Kelerengan merupakan variabel utama yang digunakan dalam penentuan kelayakan lahan terbangun dalam kajian ini. Peta kelerengan diperoleh dari data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan resolusi 8 meter. Data ketinggian yang berbasis raster tersebut dilakukan pengolahan untuk menghasilkan peta kemiringan tanah. Peta kelerengan akan terbagi menjadi 5 kelas, yaitu 0 hingga 2%, 2 hingga 15%, 15 hingga 25%, 25 hingga 40%, dan lebih dari 40%, yang mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknik Analisis Aspek Fisik & Lingkungan, Ekonomi serta Sosial Budaya dalam Penyusunan Rencana Tata Ruang. Menurut Buku Risiko Bencana Indonesia yang diterbitkan oleh BNPB, daerah dengan kelas kelerengan lebih 15% merupakan zona potensi longsor, dan daerah dengan kelas kelerengan lebih dari 45% merupakan sumber potensi longsor.

Kemudian Peta penutupan/penggunaan lahan eksisting diperoleh dari ekstraksi citra satelit Sentinel-2 dengan resolusi 10 meter, secara *time-series* pada tahun perekaman 2019 dan 2023. Untuk memperoleh data terbaik ekstraksi penutupan/penggunaan lahan, basis data citra Sentinel yang digunakan adalah S2\_SR\_HARMONIZED atau hasil harmonisasi Sentinel Level-1C dan Level-2A surface reflectance atau terkoreksi atmosfer, yang telah tersedia pada platform Google Earth Engine (GEE). Lalu untuk mereduksi tutupan awan dilakukan proses *cloud masking* dengan rentang data Bulan Januari hingga Desember. Proses ekstraksi penutupan/ penggunaan lahan secara otomatis dilakukan melalui metode *supervised machine learning* dengan algoritma *Random Forest* (RF). Metode *supervised machine learning* merupakan teknik klasifikasi penutupan/penggunaan lahan yang diawasi dengan menggunakan data pelatihan untuk memandu komputer membedakan kelas setiap kelas penutupan/penggunaan lahan berdasarkan pola, bentuk, dan nilai spektral objek (Dwarakish & Ganasri, 2015). RF merupakan salah satu algoritma yang mampu menghasilkan

peta penutupan/penggunaan lahan dengan performa yang baik (Mashala *et al.*, 2023). Peta penutupan/penggunaan lahan terbagi menjadi enam kelas, yaitu badan air, vegetasi, lahan pertanian, tambak, lahan terbuka, dan lahan terbangun. Pengaturan pembagian label setiap kelas penutup/penggunaan lahan adalah 80% sebagai *training data* dan 20% sebagai *testing data*. Hasil ekstraksi penutup/penggunaan lahan tahun 2019 dan 2022 memiliki *overall accuracy* secara berturut-turut 0.77 dan 0.78.

Terakhir data rencana tata ruang berupa Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Serang Tahun 2011 hingga Tahun 2023, berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Serang Nomor 5 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Kabupaten Serang Nomor 10 Tahun 2011 tentang RTRW Kabupaten Serang Tahun 2011 hingga 2031, sebagai data penutupan/penggunaan lahan pada tahun 2031. Dalam menyamakan klasifikasi dengan peta penutupan/penggunaan lahan eksisting, perlu dilakukan generalisasi pada peta rencana pola ruang. Badan air merupakan generalisasi dari sungai sebagai unsur alam yang tergambarkan pada pola ruang. Tambak merupakan generalisasi dari rencana kawasan perikanan budidaya. Vegetasi merupakan generalisasi dari rencana kawasan hutan, mangrove, perkebunan, cagar budaya, suaka alam, dan sempadan sungai. Lahan terbangun merupakan generalisasi dari rencana kawasan sempadan pantai. Pertanian merupakan generalisasi dari rencana kawasan tanaman pangan. Serta lahan terbangun merupakan generalisasi dari kawasan permukiman, industri, dan pariwisata.

Untuk mengetahui lokasi dan luasan penambahan lahan terbangun secara eksisting, dilakukan analisis perubahan penutupan/penggunaan dengan menggunakan tools Change Detection Wizard yang tersedia pada ArcGIS Pro. Hasilnya matrik perubahan penutupan/penggunaan lahan tahun 2019 hingga 2023. Dengan matrik tersebut dapat diketahui besaran penambahan lahan terbangun di Kabupaten Serang. Peta lokasi penambahan lahan terbangun tahun 2019 hingga 2023

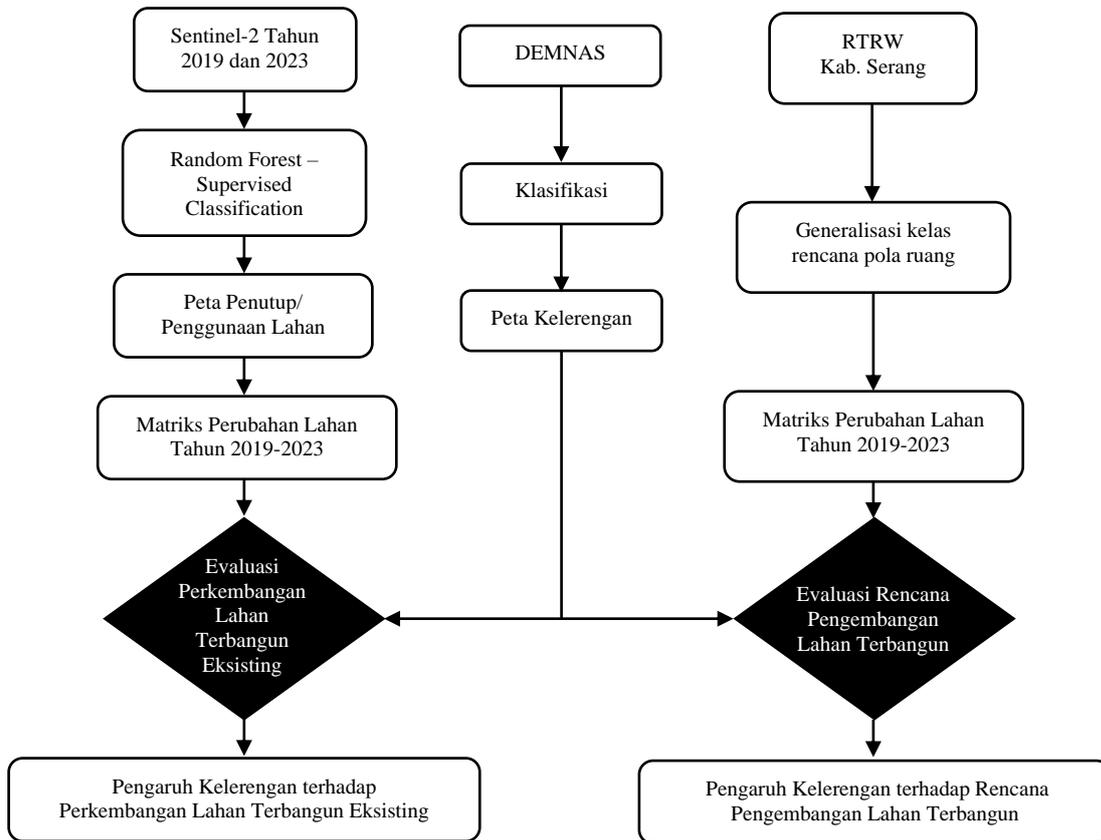
kemudian di *overlay*-kan dengan peta kelerengan untuk mengevaluasi seberapa besar penambahan lahan terbangun pada setiap kelas kelerengan. Analisis yang sama dilakukan terdapat perubahan penutupan/penggunaan lahan terbangun tahun 2023 hingga 2031 berdasarkan RTRW. Peta lokasi penambahan lahan terbangun tahun 2023 hingga 2031 kemudian di *overlay*-kan dengan peta kelerengan untuk mengevaluasi seberapa

sebesar penambahan lahan terbangun pada setiap kelas kelerengan. Dengan kedua evaluasi tersebut dapat diketahui pengaruh kelerengan terhadap perubahan lahan terbangun berdasarkan kondisi eksisting maupun kondisi masa depan berdasarkan rencana tata ruang di Kabupaten Serang. Secara lebih sistematis, diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Data yang digunakan

No.	Data	Sumber
1	Peta Batas Administrasi	Pusat Pemetaan Batas Wilayah, BIG
2	Peta Kelerengan	DEMNAS, BIG
3	Peta Penggunaan Lahan Eksisting	Sentinel-2, Tahun 2019 dan 2023
4	Peta Rencana Pola Ruang	RTRW Kab. Serang Tahun 2011 hingga 2031

Sumber: Informasi Data, 2024



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Sumber: Analisis, 2024

## HASIL DAN PEMBAHASAN

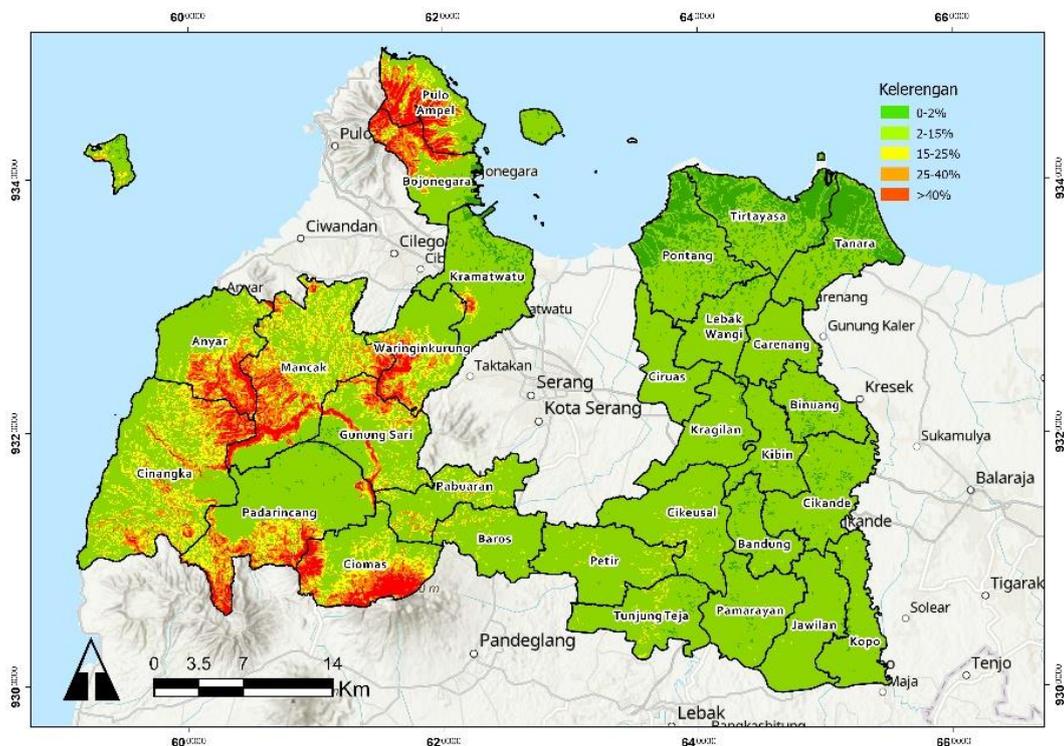
### Kemiringan Tanah/Kelerengan

Penelitian ini fokus untuk mengangkat kelerengan sebagai faktor fisik lingkungan yang

berpengaruh terhadap perkembangan terbangun, baik eksisting maupun rencana pengembangan kawasan terbangun. Dalam peneliti terkait analisis kemampuan lahan untuk penentuan lokasi ideal terbangun yang telah dilakukan

sebelumnya sebelumnya oleh Anderson *et al.*, 2007; Halik *et al.*, 2013; Ilyaraja *et al.*, 2017; Jiaying *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2022; dan Alam *et al.*, 2023, faktor kelerengan selalu dilibatkan, selain faktor lain yang berbeda-beda seperti aksesibilitas, nilai tanah, dan sebagainya untuk menentukan tingkat kesesuaian lahan terbangun. Maka dapat dikatakan bahwa peran faktor kelerengan cukup dominan karena memiliki pengaruh turunan, seperti sensitif terhadap erosi, rawan terjadinya gerakan tanah, hingga kesulitan untuk

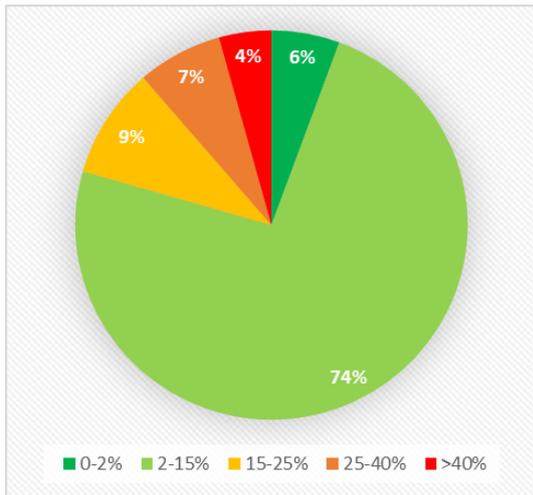
mengakses dan mengupayakan lahan. Aspek keamanan dan kemudahan dianggap menjadi pertimbangan utama dalam penentuan lahan ideal untuk dibangun dan diupayakan. Pembagian kelas kelerengan dilakukan menjadi 5 kelas [Gambar 3], yaitu 0 sampai 2%, 2 sampai 15%, 15 sampai 25%, 25 sampai 40%, dan lebih dari 40% yang akan menggambarkan tingkat kesesuaian lahan terbangun secara berurutan: sangat sesuai, sesuai, cukup sesuai, tidak sesuai, dan sangat tidak sesuai.



Gambar 3. Peta Kelerengan Kabupaten Serang  
Sumber: DEMNAS BIG

Dominasi kelas lereng di Kabupaten Serang adalah sebesar 2 sampai 15% [Gambar 4]. Berdasarkan distribusinya, wilayah Kabupaten Serang bagian timur, tepatnya di Kecamatan Pontang, Tirtayasan, Tanara, Carenang, Lebak Wangi, Ciruas, Kragilan, Kibin, Binuang, Cikande, Bandung, Cikeusal, Baros, Petir, Tunjung Teja, Pamarayan, Jawilan, dan Kecamatan Kopo memiliki karakteristik yang cenderung landai. Sedangkan pada wilayah barat, yang meliputi Kecamatan Pulo Ampel, Bojonegara, Kramatwatu, Waringinkurung, Anyar, Mancak, Gunung Sari, Pabuaran,

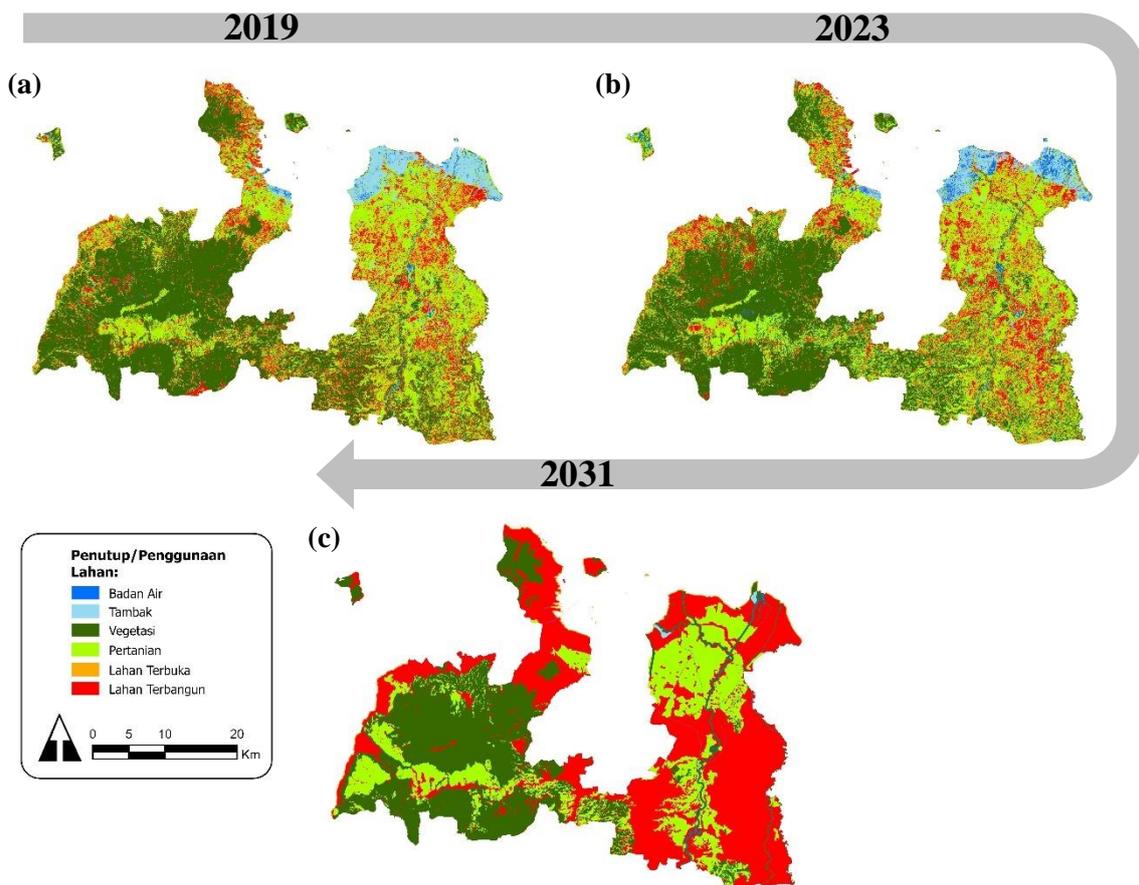
Ciomas, Padarincang, dan Cinangka memiliki morfologi perbukitan hingga pegunungan dengan kemiringan lereng mencapai lebih dari 40%. Kondisi tersebut mengakibatkan wilayah bagian timur Kabupaten Serang lebih ideal untuk dikembangkan sebagai lahan terbangun, dari pada sisi barat.



Gambar 4. Grafik Distribusi Kelerengannya  
 Sumber: DEMNAS BIG

### Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan

Peta penutupan/penggunaan lahan tahun 2019, 2023, dan 2031 hasil generalisasi rencana pola ruang RTRW Kabupaten Serang dapat dilihat pada Gambar 5. Terdapat enam kelas penutupan/penggunaan lahan, yaitu badan air (sungai, danau, waduk) yang ditunjukkan warna biru gelap, tambak yang ditunjukkan warna biru terang, vegetasi lebat (hutan dan perkebunan) yang ditunjukkan warna hijau gelap, pertanian yang ditunjukkan warna hijau terang, lahan terbuka yang ditunjukkan warna oranye, serta lahan terbangun yang ditunjukkan warna merah. Lahan terbangun di Kabupaten Serang banyak terdapat di sisi timur dan utara. Sedangkan di sisi barat, lahan terbangun hanya berkembang di bagian pesisir.



Gambar 5. Peta Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan: (a) Tahun 2019 dari Citra Sentinel; (b) Tahun 2023 dari Citra Sentinel; dan (c) Tahun 2031 dari RTRW  
 Sumber: Sentinel-2 dan RTRW Kab. Serang

Tabel 2. Matrik Transisi Perubahan Penutup/Penggunaan Lahan Tahun 2019 hingga 2023 (Hektar)

Tahun dan Kelas Penutup/Penggunaan Lahan	2023						Total Area Tahun 2019	
	Badan air	Tambak	Vegetasi	Pertanian	Lahan terbuka	Lahan terbangun		
2019	Badan air	702.73	453.03	165.44	410.88	5.55	238.75	1,976.38
	Tambak	1,811.32	3,098.90	105.83	841.84	3.86	289.78	6,151.53
	Vegetasi	548.64	38.96	51,898.12	8,781.63	136.52	2,726.71	64,130.58
	Pertanian	473.89	416.32	4,528.22	25,800.37	172.51	11,496.82	42,888.13
	Lahan terbuka	29.76	13.48	833.94	1,357.85	123.22	1,040.21	3,398.46
	Lahan terbangun	170.67	115.71	2,410.45	11,537.03	218.30	13,994.05	28,446.20
<b>Total Area Tahun 2023</b>	<b>3,737.01</b>	<b>4,136.39</b>	<b>59,942.00</b>	<b>48,729.60</b>	<b>659.96</b>	<b>29,786.32</b>		

Sumber: Analisis 2024

Hasil perubahan penutup/penggunaan lahan dapat dilihat pada matriks perubahan penutupan/penggunaan [Tabel 2]. Perubahan penutupan/penggunaan lahan tahun 2019 hingga 2023 menunjukkan peningkatan luas pada badan air, pertanian, dan lahan terbangun. Sedangkan sisanya berupa tambak, vegetasi, dan lahan terbuka mengalami penurunan luas area. Lahan terbangun mengalami peningkatan 1% dalam

kurun waktu 4 tahun, dari seluas 28,083.02 ha pada tahun 2019, menjadi 29,545.33 ha pada tahun 2023. Penambahan besar berasal dari vegetasi sebesar 2,726.71 ha dan pertanian 11,537.03 ha. Sehingga dapat dikatakan bahwa lahan terbangun di Kabupaten Serang mengalami peningkatan yang signifikan akibat konversi dari vegetasi dan pertanian.

Tabel 3. Matrik Transisi Perubahan Penutup/Penggunaan Lahan Tahun 2023 hingga 2031 (Hektar)

Tahun dan Kelas Penutup/Penggunaan Lahan	2031						Total Area Tahun 2023	
	Badan air	Tambak	Vegetasi	Pertanian	Lahan terbuka	Lahan terbangun		
2023	Badan air	161,59	94,28	712,47	264,39	60,00	2.340,75	3.633,48
	Tambak	67,34	110,19	292,61	206,89	40,40	3.475,91	4.193,34
	Vegetasi	287,65	2,45	35.787,09	7.461,04	280,43	15.580,86	59.399,52
	Pertanian	248,48	12,24	6.379,67	16.868,72	225,30	24.573,30	48.307,72
	Lahan terbuka	0	0	78,35	57,53	26,94	483,52	646,34
	Lahan terbangun	117,51	0	3.078,47	7.359,09	310,99	18.771,93	29.637,99
<b>Total Area Tahun 2031</b>	<b>882,57</b>	<b>219,16</b>	<b>46.328,65</b>	<b>32.217,66</b>	<b>944,07</b>	<b>65.226,27</b>		

Sumber: Analisis 2024

Deteksi perubahan tahun 2031 dilakukan berdasarkan analisis perubahan peta penutup/penggunaan lahan tahun 2023 sebagai *baseline* kondisi saat ini, kemudian dibandingkan dengan kondisi tahun 2031 berdasarkan generalisasi pola ruang RTRW. Matriks transisi penutup/penggunaan lahan tahun 2023 hingga 2031 dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan matriks transisi perubahan penutup/penggunaan lahan tahun 2023 hingga

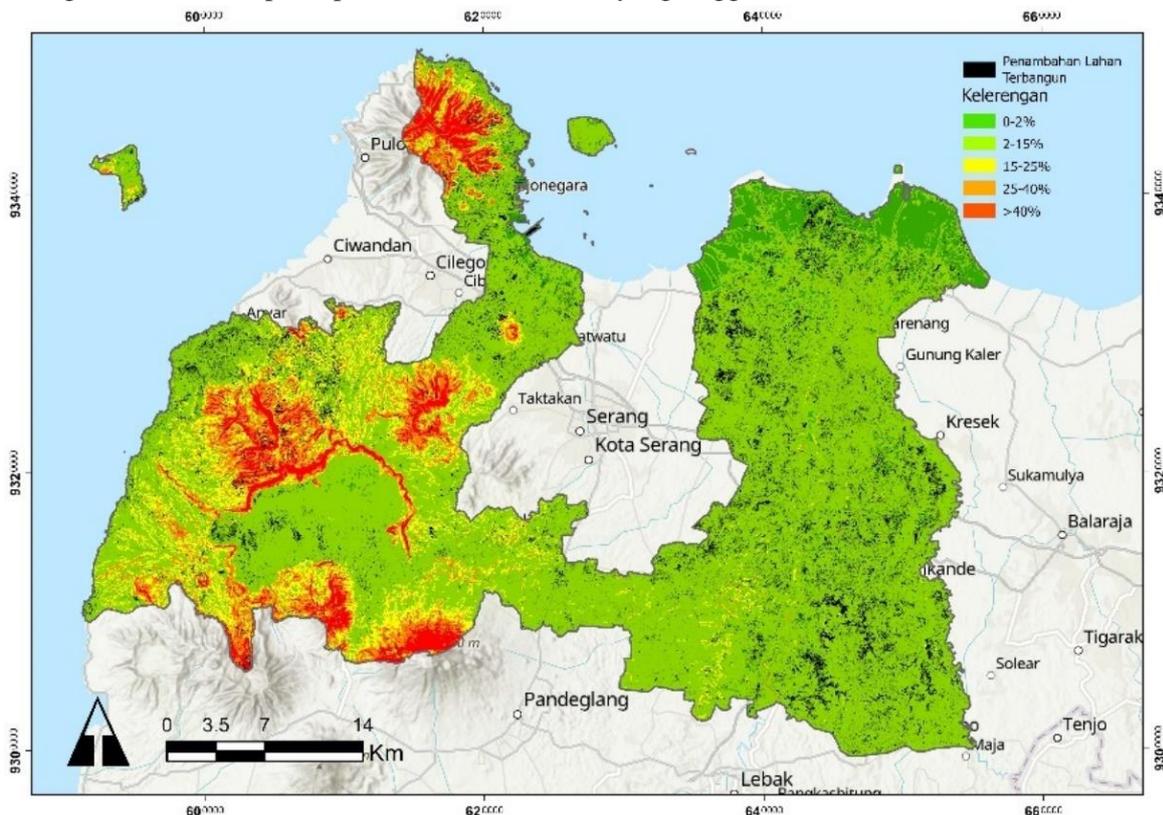
2031, kelas yang mengalami penambahan adalah lahan terbuka dan lahan terbangun, sementara yang lain berupa badan air, tambak, vegetasi, dan pertanian berkurang. Lahan terbangun mengalami peningkatan 25% dari total luas yang sebelumnya 29.545,33 ha pada tahun 2023 menjadi 65.226,27 ha pada tahun 2031. Kelas paling banyak yang menyumbang peningkatan lahan terbangun adalah pertanian seluas 24.573,30 ha dan vegetasi seluas

15.580,86 ha. Hal ini menunjukkan bahwa RTRW banyak mengubah lahan pertanian dan hutan/perkebunan untuk memenuhi kebutuhan lahan permukiman dan industri.

### Pengaruh Kelerengan terhadap Perkembangan Lahan Terbangun Eksisting

Evaluasi pertama dilakukan pada perkembangan lahan terbangun eksisting dalam kurun waktu 4 tahun pada 2019 hingga 2023. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana faktor kelerengan mempengaruhi perkembangan lahan terbangun pada tahun 2019 hingga 2023. Hasil *overlay* antara kelerengan dengan perubahan lahan terbangun dapat dilihat pada Gambar 6. Perubahan (penambahan) lahan terbangun yang ditunjukkan warna hitam pada peta banyak terjadi di sisi timur Kabupaten Serang, atau pada wilayah dengan didominasi lereng datar. Meskipun penambahan lahan

terbangun banyak terjadi di sisi timur, tidak menutup kemungkinan terjadi penambahan lahan terbangun pada kelas kelerengan perbukitan hingga pegunungan curam, yang banyak terdapat di sisi barat Kabupaten Serang. Kelas penutup/penggunaan lahan terbesar yang menyumbang peningkatan lahan terbangun adalah pertanian, sebesar 11.496,82 ha. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi konversi lahan pertanian menjadi terbangun yang cukup besar selama empat tahun terakhir di wilayah Kabupaten Serang. Penambahan lahan terbangun tersebut terdapat pada perbukitan di sisi utara yang dekat dengan kawasan industri, serta perbukitan di sisi barat yang dekat dengan kawasan pariwisata. Kawasan industri dan pariwisata memberi dampak yang besar terhadap perkembangan lahan terbangun, meskipun berada pada lahan dengan kelerengan yang tinggi.

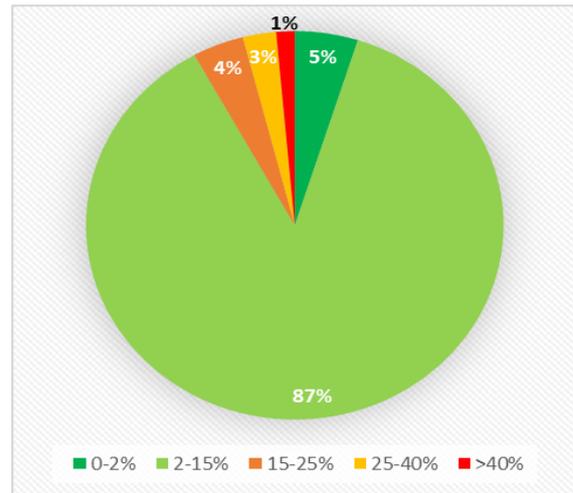


Gambar 6. Peta Kelerengan dan Distribusi Penambahan Lahan Terbangun Eksisting Tahun 2019 hingga 2023  
Sumber: Analisis, 2024

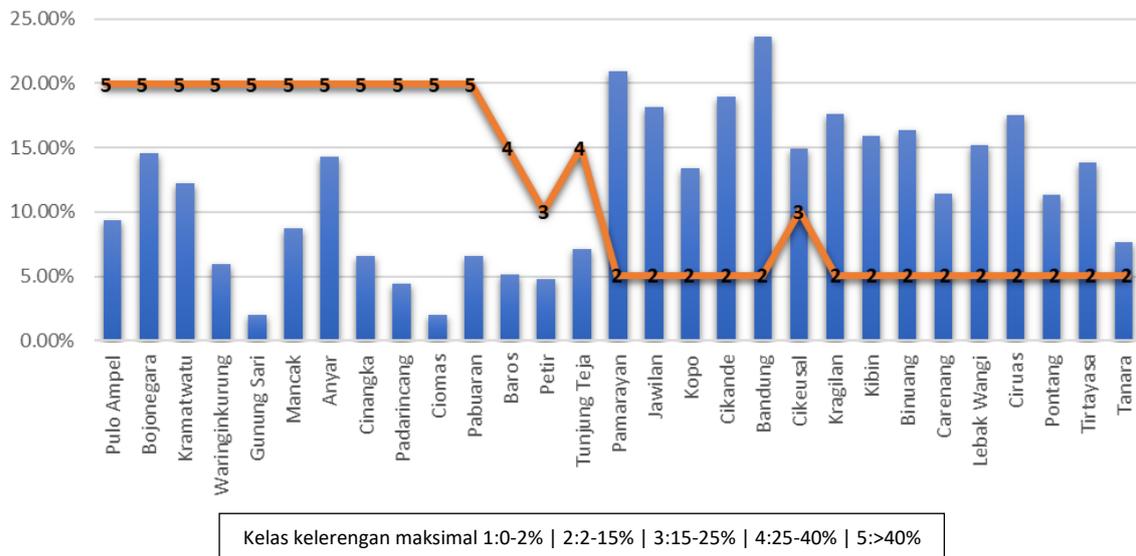
Total penambahan lahan terbangun di Kabupaten Serang pada periode tahun 2019 hingga 2023 adalah 15.777,86 ha. Penambahan kawasan terbangun terbesar berada pada

wilayah dengan kelerengan 2 sampai 15% yang mencapai 13.745,42 ha atau 87% [Gambar 7]. Sisanya tidak terlalu signifikan, dimana pada kelas kelerengan 0 sampai 2% terdapat

penambahan sebesar 772,71 ha atau 4%, kelas kelerengan 15 sampai 25% terdapat penambahan sebesar 628,59 ha atau 3%, kelas kelerengan 25 sampai 40% terdapat penambahan sebesar 6.04 ha atau 2%, dan yang paling sedikit pada kelas kelerengan lebih dari 40% hanya 2,95 ha atau 1%. Secara statistik menunjukkan bahwa perkembangan terbangun pada tahun 2019 hingga 2023 umumnya berada pada wilayah yang ideal dengan kelerengan 2 sampai 15%. Namun tidak menutup kemungkinan tetap ada perkembangan terbangun pada wilayah yang kurang ideal dengan kelas kelerengan 25 sampai 40% serta lebih dari 40% dengan luas total 631,14 ha atau 5% dari seluruh penambahan lahan terbangun.



Gambar 7. Grafik Distribusi Penambahan Lahan Terbangun Tahun 2019 hingga 2023 pada Kelas Kelerengan  
 Sumber: Analisis, 2024



Gambar 7. Grafik Distribusi Persentase Penambahan Terbangun Eksisting tiap Kecamatan (diagram batang warna biru) dan Kelas Kelerengan Tertinggi tiap Kecamatan (diagram garis warna oranye)  
 Sumber: Analisis, 2024

Pola distribusi besarnya penambahan kawasan terbangun dengan kelas kelerengan maksimal tiap kecamatan dapat dianalisis melalui Gambar 7. Pola pada grafik tersebut menunjukkan bahwa kecamatan dengan kelas kelerengan tertinggi lebih dari 40% (garis warna oranye) memiliki persentase penambahan lahan terbangun yang lebih sedikit (batang warna biru). Kemudian grafik mengalami perubahan kearah kanan dimana kecamatan yang memiliki kelas kelerengan maksimal 2 sampai 15% atau morfologi datar memiliki persentase

penambahan lahan terbangun yang lebih banyak. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kawasan terbangun yang tinggi memiliki kecenderungan pada wilayah dengan tingkat kelerengan yang rendah atau datar. Perkembangan pada wilayah datar lebih ideal dibandingkan pada wilayah dengan tingkat kelerengan lebih terjal karena lebih rawan akan gerakan tanah. Namun terdapat beberapa anomali pada lokasi dengan tingkat kelerengan maksimal yang tinggi, juga mengalami penambahan terbangun cukup tinggi yang,

seperti yang terjadi di Kecamatan Pulo Ampel, Bojonegara, Kramatwatu, dan Anyar. Selain itu ada juga wilayah dengan kelerengan datar, namun penambahan lahan terbangunnya relatif rendah, yang terjadi di Kecamatan Tanara. Pola distribusi tersebut menunjukkan kecenderungan perkembangan wilayah berdasarkan kondisi kelerengan yang dimiliki setiap kecamatan di Kabupaten Serang berdasarkan kondisi eksisting yang telah terjadi.

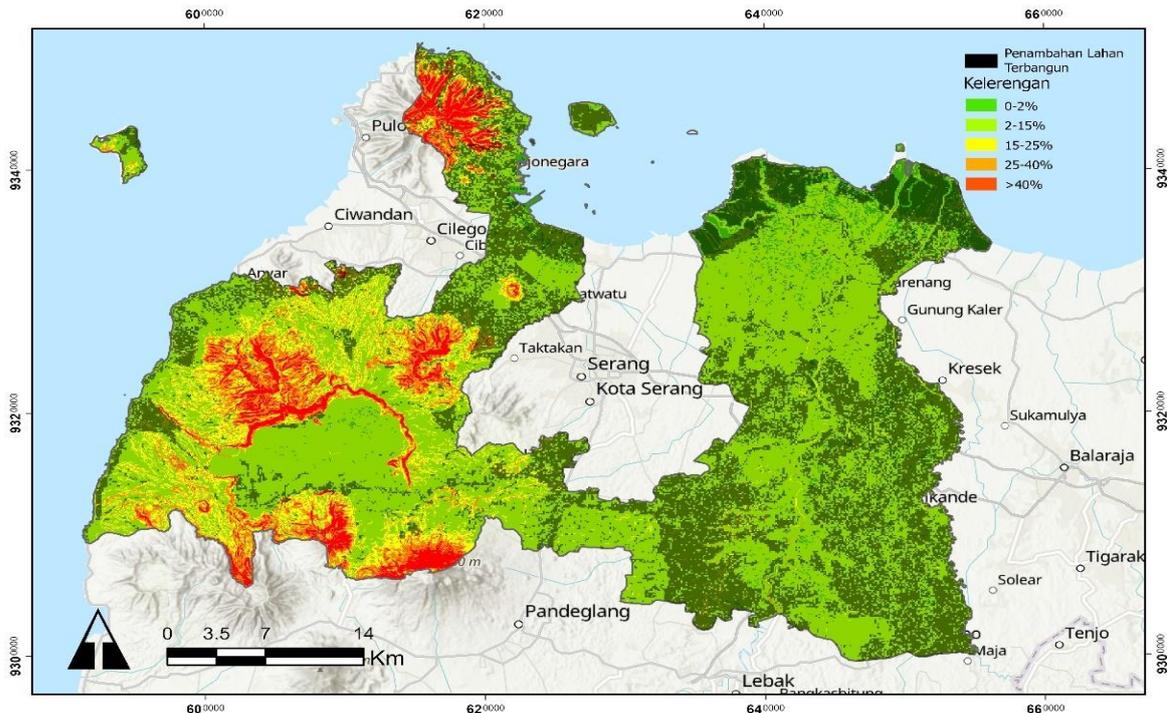
### **Pengaruh Kelerengan terhadap Rencana Pengembangan Lahan Terbangun**

Evaluasi yang kedua dilakukan pada rencana pengembangan lahan terbangun berdasarkan RTRW Tahun 2011 hingga 2031. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana faktor kelerengan mempengaruhi rencana pengembangan lahan terbangun pada tahun 2023 hingga 2031. Hasil *overlay* antara kelerengan dengan penambahan lahan terbangun berdasarkan RTRW dapat dilihat pada Gambar 8. Serupa dengan penambahan lahan terbangun tahun 2019 hingga 2023, interpretasi secara visual penambahan lahan terbangun tahun 2023 hingga 2031 yang ditunjukkan warna hitam pada peta banyak terjadi di sisi timur Kabupaten Serang, atau pada wilayah dengan didominasi lereng datar. Penambahan lahan terbangun di sisi timur menunjukkan banyaknya konversi lahan pertanian menjadi lahan terbangun yang meliputi kawasan permukiman dan industri.

Meskipun penambahan lahan terbangun juga banyak terjadi di sisi timur, tetap terjadi penambahan lahan terbangun pada kelas kelerengan perbukitan hingga pegunungan curam, yang banyak terdapat di sisi barat Kabupaten Serang. Pengembangan lahan terbangun di sisi barat Kabupaten Serang juga diperuntukkan sebagai kawasan permukiman dan industri. Rencana pengembangan kawasan permukiman tersebar di seluruh kecamatan sebagai upaya untuk mengakomodir laju

pertumbuhan penduduk Kabupaten Serang hingga tahun 2031, khususnya di Kecamatan Kramatwatu, Waringinkurung, Pabuaran, dan Baros yang ditetapkan sebagai kawasan permukiman perkotaan di bagian barat. Sedangkan rencana pengembangan kawasan industri di bagian barat dialokasikan pada beberapa kecamatan seperti Pulo Ampel, Bojonegara, Kramatwatu, Mancak, dan Anyar di sisi barat, serta Tanjung Teja, Jawilan, Kopo, Cikande, Bandung, Kibin, Binuang, Kragilan, Ciruas, Pontang, Tirtayasa, dan Tanara di sisi timur.

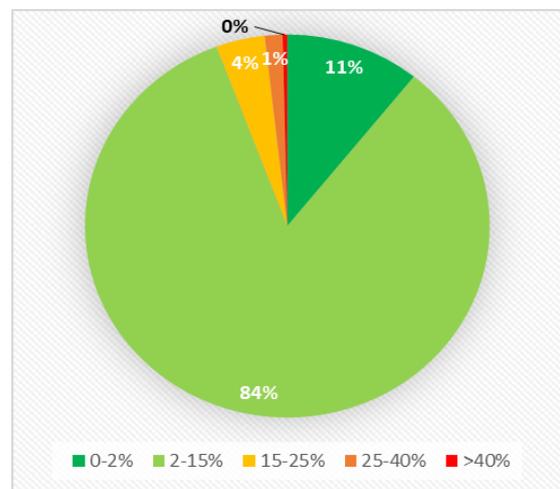
Total penambahan lahan terbangun di Kabupaten Serang pada periode tahun 2023 hingga 2031 adalah 46.454,34 ha, atau lebih dari 2 kali lipat. Penambahan kawasan terbangun terbesar berada pada wilayah dengan kelerengan 2 sampai 15% yang mencapai 38.724,88 ha atau 83% [Gambar 9]. Sisanya pada kelas kelerengan 0 sampai 2% terdapat penambahan sebesar 4.992,43 ha atau 11%, kelas kelerengan 15 sampai 25% terdapat penambahan sebesar 1.809,58 ha atau 4%, kelas kelerengan 25 sampai 40% terdapat penambahan sebesar 654,79 ha atau 1%, dan yang paling sedikit pada kelas kelerengan lebih dari 40% hanya 172.53 ha atau 0,37%. Secara statistik hal ini menunjukkan bahwa perkembangan lahan terbangun pada tahun 2023 hingga 2031 umumnya berada pada wilayah yang ideal dengan kelerengan 2 sampai 15%. Namun tidak menutup kemungkinan tetap ada perkembangan terbangun pada wilayah yang kurang ideal dengan kelas kelerengan 25 sampai 40% serta lebih dari 40% dengan persentase total 2% dari seluruh penambahan lahan terbangun. Hal ini menunjukkan bahwa rencana pola ruang sudah lebih baik dalam mengarahkan pengembangan lahan terbangun pada zona yang aman. Rencana penambahan lahan terbangun pada kelas kelerengan 25 sampai 40% dan lebih dari 40% secara umum berupa permukiman, baik permukiman pedesaan maupun permukiman perkotaan.



Gambar 8. Peta Kelereng dan Distribusi Rencana Penambahan Lahan Terbangun Tahun 2023 hingga 2031  
 Sumber: Analisis, 2024

Total penambahan lahan terbangun di Kabupaten Serang pada periode tahun 2023 hingga 2031 adalah 46.454,34 ha, atau lebih dari 2 kali lipat. Penambahan kawasan terbangun terbesar berada pada wilayah dengan kelereng 2 sampai 15% yang mencapai 38.724,88 ha atau 83% [Gambar 9]. Sisanya pada kelas kelereng 0 sampai 2% terdapat penambahan sebesar 4.992,43 ha atau 11%, kelas kelereng 15 sampai 25% terdapat penambahan sebesar 1.809,58 ha atau 4%, kelas kelereng 25 sampai 40% terdapat penambahan sebesar 654,79 ha atau 1%, dan yang paling sedikit pada kelas kelereng lebih dari 40% hanya 172.53 ha atau 0,37%. Secara statistik hal ini menunjukkan bahwa perkembangan lahan terbangun pada tahun 2023 hingga 2031 umumnya berada pada wilayah yang ideal dengan kelereng 2 sampai 15%. Namun tidak menutup kemungkinan tetap ada perkembangan terbangun pada wilayah yang kurang ideal dengan kelas kelereng 25 sampai 40% serta lebih dari 40% dengan persentase total 2% dari seluruh penambahan lahan terbangun. Rencana penambahan lahan terbangun pada kelas kelereng 25 sampai 40% dan lebih dari 40% secara umum berupa permukiman, baik

permukiman pedesaan maupun permukiman perkotaan.

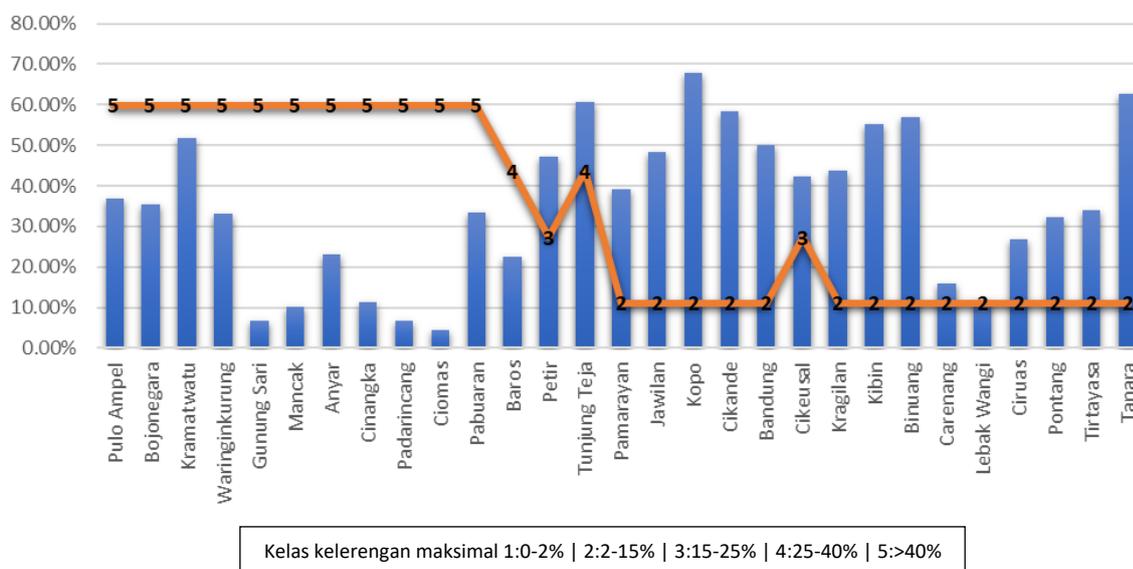


Gambar 9. Grafik Distribusi Penambahan Rencana Lahan Terbangun Tahun 2023 hingga 2031 pada Kelas Kelereng  
 Sumber: Analisis, 2024

Pola distribusi besarnya penambahan kawasan terbangun dengan kelas kelereng maksimal tiap kecamatan dapat dianalisis melalui Gambar 10. Pola pada grafik tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar kecamatan dengan kelas kelereng tertinggi lebih dari 40% memiliki persentase penambahan lahan

terbangun yang lebih sedikit. Kemudian grafik mengalami perubahan kearah kanan dimana kecamatan yang memiliki kelas kelerengan maksimal 2 sampai 15% atau daerah datar memiliki persentase penambahan lahan terbangun yang lebih banyak. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kawasan terbangun yang tinggi memiliki kecenderungan pada wilayah dengan tingkat kelerengan yang rendah atau datar. Secara umum pola pengaruh lereng terhadap penambahan lahan terbangun tahun 2019 hingga 2023 hampir sama dengan

perubahan lahan terbangun tahun 2023 hingga 2031. Namun pada pola penambahan lahan terbangun tahun 2023 hingga 2023 menunjukkan lebih banyak anomali jika dibanding tahun 2019 hingga 2023. Terdapat lima kecamatan yang memiliki perbukitan terjal, yaitu Pulo Ampel, Bojonegara, Kramatwatu, Waringinkurung, dan Pabuaran mengalami persentase perubahan yang lebih tinggi dibanding lima kecamatan pada daerah datar, yaitu Carenang, Lebak Wangi, Ciruas, Pontang, dan Tirtayasa.



Gambar 10. Grafik Distribusi Persentase Penambahan Terbangun Rencana Pola Ruang tiap Kecamatan (diagram batang warna biru) dan Kelas Kelerengan Tertinggi tiap Kecamatan (diagram garis warna oranye)  
 Sumber: Analisis, 2024

Anomali pembangunan yang masif pada Kecamatan Pulo Ampel, Bojonegara, dan Kramatwatu disebabkan pada wilayah tersebut dikembangkan sebagai kawasan industri logam dasar / hulu, kimia dasar dan industri maritim, berdasarkan muatan RTRW Kabupaten Serang. Pada Kecamatan Waringinkurung dan Pabuaran, tuntutan pembangunan yang tinggi disebabkan pada kedua wilayah tersebut dikembangkan sebagai permukiman perkotaan. Letak Kecamatan Waringinkurung yang strategis, diapit oleh Kota Serang dan Kota Cilegon menjadikan wilayah tersebut sebagai daerah yang cepat berkembang, meskipun terdapat perbukitan terjal. Sedangkan wilayah Kecamatan Pabuaran diarahkan menjadi *sub-urban* Kota Serang di sisi selatan. Sementara itu,

anomali tingkat pembangunan yang rendah pada daerah datar di lima kecamatan, yaitu Carenang, Lebak Wangi, Ciruas, Pontang, dan Tirtayasa disebabkan adanya alokasi lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B). LP2B merupakan kebijakan terkait kedaulatan pangan nasional dengan cara menetapkan, melindungi, serta mengembangkan lahan pertanian produktif (Undang-Undang No. 41 Tahun 2009). Mengacu dalam pedoman penyusunan rencana tata ruang, LP2B sebagai kebijakan strategis nasional harus dimuat dalam RTRW sebagai produk rencana tata ruang.

Sementara itu, anomali tingkat pembangunan yang rendah pada daerah datar di lima kecamatan, yaitu Carenang, Lebak Wangi, Ciruas, Pontang, dan Tirtayasa disebabkan

adanya alokasi lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B). LP2B merupakan kebijakan terkait kedaulatan pangan nasional dengan cara menetapkan, melindungi, serta mengembangkan lahan pertanian produktif (Undang-Undang No. 41 Tahun 2009). Mengacu dalam pedoman penyusunan rencana tata ruang, LP2B sebagai kebijakan strategis nasional harus dimuat dalam RTRW sebagai produk rencana tata ruang.

## KESIMPULAN

Penelitian ini merupakan upaya secara saintifik untuk melihat pengaruh aspek fisik lingkungan berupa kelerengan terhadap perkembangan lahan terbangun, baik secara historis maupun rencana kedepan. Hasil analisis menunjukkan sebagian besar penambahan lahan terbangun terdapat pada daerah yang relatif datar yaitu 87% pada tahun 2019 hingga 2023 dan 84% pada tahun 2023 hingga 2031. Hal ini menunjukkan bahwa aspek kelerengan memberi pengaruh yang besar terhadap pembangunan di Kabupaten Serang, dimana pembangunan yang ideal dilakukan pada daerah memiliki morfologi yang datar. Daerah dengan morfologi datar relatif lebih aman dibanding dengan daerah perbukitan dan pegunungan dengan kelerengan terjal yang memiliki potensi tanah longsor.

Secara spasial, distribusi pembangunan banyak terjadi di wilayah Kabupaten Serang bagian timur dengan morfologi datar dengan kelerengan kurang dari 15%. Sedangkan wilayah Kabupaten Serang bagian timur memiliki morfologi berupa perbukitan hingga pegunungan dengan kelerengan lebih dari 40%. Meskipun pembangunan banyak terjadi bagian timur baik secara historis maupun rencana kedepan, terdapat beberapa lokasi di bagian barat yang juga mengalami pembangunan pesat yaitu wilayah Kecamatan Pulo Ampel, Bojonegara, Kramatwatu, Waringinkurung, dan Anyar. Tekanan pembangunan di Kecamatan Pulo Ampel, Bojonegara, dan Kramatwatu adalah pengembangan kawasan industri berat, salah satunya adalah Kawasan Industri Wilmar Serang sebagai salah satu Proyek Strategis

Nasional (PSN). Sementara itu, tuntutan pengembangan pada Kecamatan Waringinkurung lebih pada kawasan perkotaan sebagai jalur strategis nasional Kota Serang dengan Kota Cilegon. Pada Kecamatan Anyar, tuntutan pengembangan lebih beragam, yaitu sebagai kawasan industri, permukiman perkotaan, dan kawasan pariwisata. Meskipun kelima kecamatan tersebut memiliki kawasan perbukitan dengan kelerengan yang terjal, pengembangan kawasan dilakukan di bagian pesisir dengan morfologi yang datar.

Kendati secara umum aspek kelerengan dapat memberikan gambaran dimana daerah yang datar dan layak untuk dikembangkan sebagai lahan terbangun, namun tidak menutup kemungkinan wilayah datar juga memiliki potensi bencana lain berupa banjir. Menurut peta risiko bencana banjir dari BNPB, wilayah Kabupaten Serang bagian barat dengan morfologi yang datar, memiliki indeks risiko banjir rendah hingga sedang. Maka untuk melakukan penilaian kelayakan lahan yang lebih komprehensif, kajian kesesuaian lahan dengan pertimbangan faktor lainnya seperti jenis tanah, curah hujan, aksesibilitas, nilai lahan, hingga aspek kebencanaan perlu dilakukan. Faktor kelerengan merupakan salah satu bagian dari penilaian kelayakan pengembangan lahan yang menjadi batasan dalam penelitian ini.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia yang telah memfasilitasi, serta semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdoealkader, M., Sluuzas, R., Boerboom, L., Elseicy, A., dan Zevenbergen, J. (2020). Spatial and Temporal Human Settlement Growth Differentiation with Symbolic Machine Learning for Verifying Spatial Policy Targets: Assiut Governorate, Egypt as a Case Study. *Remote Sensing*, 12 (22).

- Abidin, I., S., Z., dan Haseeb, M. (2020). The Role of Geographical Characteristics, Economic and Transportation Policies on The Geographical Development: Moderating Role of Development Policies. *PalArch's Journal of Palaeontology and Egyptology*, 17 (02), 14-30.
- Alam, N., Saha, S., Gupta, S., dan Chatterjee, A. (2023). Settlement suitability analysis of a riverine floodplain in the perspective of GIS-based multicriteria decision analysis. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26985-4>.
- Al-Ghorayeb, A., Al-Shaar, W., Elkordi, A., Faour, G., Al-Shaar, M., dan Attalah, Y. (2023). Land Suitability Analysis for Sustainable Urban Development: A Case of Nabatiyeh Region in Lebanon. *Multidisciplinary Scientific Journal*, 2023, 6, 267–285. <https://doi.org/10.3390/j6020020>.
- Anderson, M., G., Holcombe, L., dan Renaud, J., P. (2007). Assessing slope stability in unplanned settlements in developing countries. *Journal of Environmental Management*, 85 (2007), 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.08.005>.
- Anggraini, P., Hidayati, N., H., dan Harjanti, I., M. (2022). Spatial Mapping Based on the Settlement Carrying Capacity Value in Gunungpati District, Semarang City. *BHUMI: Jurnal Agraria dan Pertanahan*, 8 (2). <https://doi.org/10.31292/bhumi.v8i2.511>.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2023). Risiko Bencana Indonesia “Memahami Risiko Sistematis di Indonesia”. Jakarta: Pusat Data, Informasi, dan Komunikasi Kebencanaan BNPB.
- Buhaug, H., dan Urdal, H. (2013). An urbanization bomb? Population growth and social disorder in cities. *Global Environmental Change*, 23 (1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.016>.
- Chaudhary, M., T. dan Piracha, A. (2021). Natural Disasters—Origins, Impacts, Management. *Encyclopedia*, 1 (4), 1101-1131. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1040084>.
- Chen, S., Wang, X., Qiang, Y., dan Lin, Q. (2024). Spatial-temporal evolution and land use transition of rural settlements in mountainous counties. *Environmental Sciences Europe*, 36. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00868-y>.
- Dijkstra, L., Florczyk, A., J., Freire, S., Kemper, T., Melchiorri, M., Pesaresi, dan M., Schiavina, M. (2021). Applying the Degree of Urbanisation to the globe: A new harmonised definition reveals a different picture of global urbanisation. *Journal of Urban Economics*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2020.103312>.
- Dwarakish, G., S., dan Ganasri, B., P., (2015). Impact of land use change on hydrological systems: A review of current modeling approaches. *Cogent Geoscience*, 1 (2015). <https://doi.org/10.1080/23312041.2015.1115691>.
- Farizkha, I., A., Koesoemawati, RR., D., J., Suprobo, R., A., Listyawati, R., N., dan Hayati, N., N. (2019). Urban settlement growth factors through ekistics element approach (Case study: Jember City). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 340 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/340/1/012024>.
- Greiving, S., Kruse, P., Othmer, F., Fleischhauer, M., dan Fuchs, M. (2023). Implementation of Risk-Based Approaches in Urban Land Use Planning—The Example of the City of Erfstadt, Germany. *Sustainability*, 15 (21). <https://doi.org/10.3390/su152115340>.
- Halik, W., Mamat, A., Dang, J., H., Deng, B. SH., dan Tiyip, T. (2013). Suitability analysis of human settlement environment within the Tarim Basin in Northwestern China. *Quaternary International*, 311, 175-180. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.018>.
- Hussain, M., dan Imityaz, I. (2018). Urbanization Concepts, Dimension and Factors. *International Journal of Recent Scientific Research*, 9(1), 3513-23523. <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2018.0901.1483>.

- Ilyaraja, K., Singh, R., K., Rana, N., Chauhan, R., dan Sutradhar, N. (2017). Site Suitability Assessment for Residential Areas in South Chennai Region using Remote Sensing and GIS Techniques. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8 (8), 1468-1475.
- Jiaying, Z., Lin, L., Hang, L., dan Dongmei, P. (2021). Evaluation and analysis on suitability of human settlement environment in Qingdao. *Plos One* 16 (9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256502>.
- Li, W., Li, P., Feng, Z., dan Xiao, C. (2022). GIS-Based Modeling of Human Settlement Suitability for the Belt and Road Regions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (10), 6044. <https://doi.org/10.3390/ijerph19106044>.
- Liu, J., Zheng, B., dan Tang, H. (2023). The science of rural human settlements: a comprehensive overview. *International Journal Of Digital Earth*, 13 (1), 2-8. <https://doi.org/10.1080/17538947.2019.1630072>.
- Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning* 62, 3-65. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2003.09.002>.
- Mashala, M., J., Dube, T., Mudereri, B., T, Ayisi, K., K., dan Ramudzuli, M., R. (2023). A Systematic Review on Advancements in Remote Sensing for Assessing and Monitoring Land Use and Land Cover Changes Impacts on Surface Water Resources in Semi-Arid Tropical Environments. *Remote Sensing*, Vol. 15. <https://doi.org/10.3390/rs15163926>.
- Métay, I., G., S., Bocco, G., Velázquez, A., dan Gajewski, K. (2017). On the relationship between landforms and land use in tropical dry developing countries. A GIS and multivariate statistical approach. *Investigaciones Geográficas, Instituto de Geografía, UNAM*, 2017 (93), 3-19. <https://dx.doi.org/10.14350/rig.56438>.
- Moll, R., J., Cepek, J., D., Lorch, P., D., Dennis, P., M., Tans, E., Robinson, T., Millsbaugh, J., J., dan Menitgomery, R., A. (2019). What does urbanization actually mean? A framework for urban metrics in wildlife research. *Journal of Applied Ecology*, 6 (5), 1289-1300. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13358>.
- Naryanto, H., S. (2021). Analisis Risiko Bencana Gempa di Kabupaten Serang. *Jurnal Alami*, 4 (2), 1130-122. <https://doi.org/10.29122/alami.v4i2.4541>.
- Rossiter, D., G. (1996). A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*, 72 (1996), 165-190. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(96\)00031-6](https://doi.org/10.1016/0016-7061(96)00031-6).
- Streule, M., Karaman, O., Sawyer, L., dan Schmid, C. (2020). Popular Urbanization: Conceptualizing Urbanization Processes Beyond Informality. *International Journal of Urban and Regional Research*, 44 (4), 652-672. <https://hal.science/hal-03102697>.
- Sadiv, R. (2022). Rapid Growth of the World Population and Its Socioeconomic Results. *The Scientific World Journal*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8110229>.
- Simpson, R. (1999). Urbanization, urban problems. *Environmental Geology. Encyclopedia of Earth Science. Springer, Dordrecht*. [https://doi.org/10.1007/1-4020-4494-1\\_342](https://doi.org/10.1007/1-4020-4494-1_342).
- Worldometer. Indonesia Population (2004). Diakses pada 24 April 2024 melalui <https://www.worldometers.info/world-population/indonesia-population/>.
- Zhang, Y., Li, Y., Luo, G., Bai, X., Huang, J., Tang, F., dan Yu, M. (2022). Analysis of the Land Use Dynamics of Different Rural Settlement Types in the Karst Trough Valleys of Southwest China. *Land*, 11 (9). <https://doi.org/10.3390/land11091572>.