

Analisis Perkembangan Kepadatan Permukiman di Kota Ambon Tahun 2013 dan 2023 Menggunakan Metode Kernel Density

Philia Christi Latue¹, Susan E. Manakane², Heinrich Rakuasa²

¹ Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

² Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 29 Mei 2023
Revisi Akhir: 22 Juni 2023
Diterbitkan Online: 26 Juni 2023

KATA KUNCI

Ambon; Kernel Density; Permukiman

KORESPONDENSI

Phone: +62 81342847435
E-mail: philia1atue04@gmail.com

A B S T R A K

Jumlah penduduk yang semakin bertambah tentunya berdampak pada kepadatan permukiman di Kota Ambon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan kepadatan permukiman di Kota Ambon tahun 2013 dan 2023 menggunakan metode kernel density. Penelitian ini menggunakan data citra satelit IKONOS tahun 2013 dan citra SPOT tahun 2023 untuk memperoleh data sebaran bangunan di kedua tahun tersebut. Data sebaran bangunan kemudian diolah menggunakan metode Kernel Density untuk memperoleh peta kepadatan permukiman di Kota Ambon tahun 2013 dan 2023. Hasil analisis menunjukkan adanya peningkatan kepadatan permukiman selama periode tersebut, yang mengindikasikan pertumbuhan perkotaan yang signifikan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk perencanaan Kota Ambon yang lebih baik, pengembangan yang berkelanjutan, dan pengelolaan yang efisien akan tercapai, sehingga meningkatkan kualitas hidup penduduk dan keberlanjutan Kota Ambon kedepannya.

PENDAHULUAN

Perkembangan kota-kota di Indonesia telah mengalami lonjakan signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Pertumbuhan populasi yang pesat dan perkembangan ekonomi telah mendorong perubahan yang cepat dalam struktur perkotaan [1],[2]. Salah satu kota yang mengalami perkembangan tersebut adalah Kota Ambon, ibu kota Provinsi Maluku [3],[4]. Dalam konteks ini, analisis kepadatan permukiman menjadi sangat penting untuk memahami pola perkembangan kota dan mengambil langkah-langkah yang tepat dalam perencanaan pembangunan perkotaan yang berkelanjutan [5], [6].

Kepadatan permukiman merupakan salah satu indikator penting dalam perencanaan perkotaan [7], [8]. Kepadatan yang tinggi dapat memberikan tantangan dalam hal infrastruktur, mobilitas, aksesibilitas, dan lingkungan hidup [9]. Oleh karena itu, pemetaan kepadatan permukiman yang komprehensif dan objektif diperlukan untuk memahami perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu. Dalam konteks Kota Ambon, analisis kepadatan permukiman antara tahun 2013 dan 2023 menjadi relevan untuk memahami dampak perkembangan perkotaan terhadap permukiman penduduk.

Metode *kernel density* adalah salah satu pendekatan yang populer untuk menganalisis kepadatan permukiman [10]. Metode ini memanfaatkan fungsi kernel, yang merupakan fungsi matematika yang menggambarkan pola distribusi spasial [11], [12]. Dalam konteks ini, kernel density digunakan untuk menghitung dan memetakan kepadatan permukiman di Kota Ambon pada tahun 2013 dan 2023.

Pertama-tama, untuk melakukan analisis, data bangunan dan luas wilayah Kota Ambon pada tahun 2013 dan 2023 diperlukan. Data ini dapat diperoleh hasil interpretasi citra satelit resolusi tinggi pada kedua tahun tersebut. Selanjutnya, dengan menggunakan metode kernel density, data bangunan dan luas wilayah dapat digunakan untuk menghitung kepadatan permukiman di Kota Ambon pada kedua tahun tersebut. Hasil analisis dapat dianalisis menjadi peta kepadatan permukiman yang memvisualisasikan pola distribusi kepadatan di Kota Ambon pada tahun 2013 dan 2023. Peta ini

memberikan informasi yang jelas tentang daerah-daerah yang mengalami peningkatan atau penurunan kepadatan permukiman dari waktu ke waktu. Analisis ini juga dapat mengungkapkan daerah-daerah dengan kepadatan permukiman yang tinggi atau rendah, yang dapat memberikan wawasan penting bagi perencanaan perkotaan.

Analisis perkembangan kepadatan permukiman di Kota Ambon menggunakan metode kernel density memiliki implikasi yang signifikan dalam perencanaan perkotaan yang berkelanjutan. Hasil analisis dapat digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang mengalami tekanan kepadatan yang tinggi dan membutuhkan perhatian lebih dalam pengembangan infrastruktur dan fasilitas publik [13]. Informasi ini juga dapat membantu dalam mengambil keputusan strategis terkait dengan alokasi sumber daya dan pengembangan ruang perkotaan.

Selain itu, analisis ini juga memberikan wawasan tentang dampak perkembangan perkotaan terhadap lingkungan hidup. Daerah dengan kepadatan permukiman yang tinggi sering kali menghadapi masalah seperti kerusakan lingkungan, kekurangan ruang terbuka, dan tekanan pada sumber daya alam. Dengan memahami pola perkembangan kepadatan permukiman, tindakan mitigasi dan pengelolaan lingkungan yang efektif dapat dilakukan untuk meminimalkan dampak negatif [14]. Berdasarkan uraian di atas penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan kepadatan permukiman di Kota Ambon tahun 2013 dan 2023 menggunakan metode *kernel density*.

TINJAUAN PUSTAKA

Kepadatan Permukiman

Kepadatan permukiman mengacu pada jumlah penduduk yang tinggal di suatu daerah tertentu dibandingkan dengan ukuran area tersebut [13]. Kepadatan permukiman dapat bervariasi secara signifikan di berbagai wilayah [1]. Area perkotaan cenderung memiliki kepadatan permukiman yang tinggi karena jumlah penduduk yang padat dalam area yang relatif kecil [15]. Di kawasan perkotaan, gedung-gedung bertingkat, apartemen, dan rumah-rumah berdempetan menjadi umum. Sebaliknya, di pedesaan atau daerah yang jarang penduduknya, kepadatan permukiman biasanya lebih rendah karena penduduk tersebar di area yang lebih luas.

Kernel Density

Kernel Density merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk memodelkan dan menggambarkan kepadatan suatu fenomena di dalam ruang [16]. Metode ini umumnya digunakan dalam analisis spasial untuk menentukan distribusi kepadatan suatu variabel atau peristiwa di area geografis. Hasil dari analisis kernel density biasanya direpresentasikan dalam bentuk heatmap atau permukaan kontinu yang memperlihatkan tingkat kepadatan yang tinggi atau rendah [17]. Heatmap ini dapat membantu dalam mengidentifikasi pola atau konsentrasi kepadatan, mengidentifikasi pusat-pusat kepadatan yang signifikan, serta memberikan wawasan tentang distribusi spasial dari fenomena yang diteliti.

Kernel Density Untuk Analisis Kepadatan Permukiman

Kernel Density untuk Analisis Kepadatan Permukiman adalah metode statistik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan pola kepadatan permukiman dalam suatu wilayah [18]. Metode ini memanfaatkan fungsi kernel untuk menghitung kepadatan relatif dari titik data yang tersebar di wilayah tersebut [19]. Pada dasarnya, analisis menggunakan Kernel Density bertujuan untuk menggambarkan sejauh mana titik-titik permukiman tersebar secara homogen atau heterogen dalam suatu area tertentu [20]. Metode ini menghasilkan peta kepadatan yang memberikan informasi visual tentang daerah dengan kepadatan tinggi atau rendah. Dengan menggunakan metode Kernel Density untuk analisis kepadatan permukiman [21], kita dapat mengidentifikasi pusat-pusat kepadatan yang penting, pola konsentrasi atau dispersi permukiman, serta daerah-daerah dengan kepadatan tinggi atau rendah. Informasi ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan perencanaan kota, seperti penentuan lokasi infrastruktur publik, pemetaan zona-zona perkotaan, atau pengembangan kebijakan yang berhubungan dengan pengelolaan perkembangan permukiman.

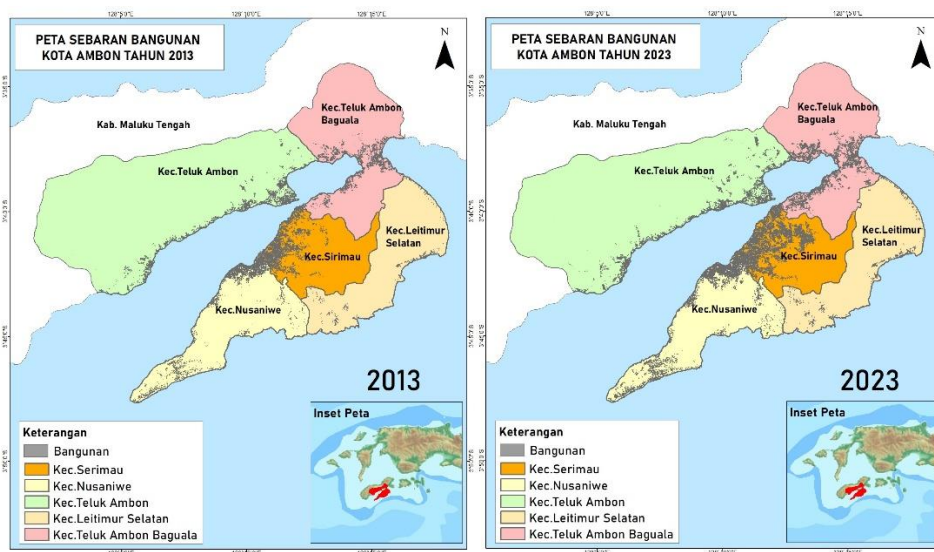
METODOLOGI

Penelitian ini secara administrasi dilakukan di Kota Ambon yang terdiri dari Kecamatan Sirimau, Nusaniwe, Teluk Ambon, Teluk Ambon Baguala dan Leitimur Selatan. Penelitian ini menggunakan data data citra satelit IKONOS tahun 2013 yang memiliki resolusi spasial 0.8 m untuk pankromatik dan 4 m dan citra SPOT 6 tahun 2023 yang memiliki resolusi spasial 1.5 meter untuk pankromatik dan 6 meter untuk multispektral. Kedua data citra tersebut diperoleh dari

LAPAN - Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan telah dilakukan proses koreksi Orthorektifikasi dan komposit band RGB (warna natural). Penelitian ini juga menggunakan peta batas administrasi Kota Ambon yang diperoleh dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota Ambon. Software yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Arc GIS 10.8 dan Microsoft Office 365.

Penelitian ini menggunakan metode *kernel density* yang sangat baik untuk analisis pola distribusi spasial kepadatan permukiman dan dapat digunakan untuk mengambil keputusan yang tepat dalam perencanaan perkotaan. Analisis data dimulai dengan melakukan digitasi on screen bangunan pada citra satelit IKONOS (2013) dan SPOT (2023) di software Arc GIS. Secara Spasial Sebaran Bangunan di Kota Ambon tahun 2013 dan 2023 dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 diatas sebaran bangunan di Kota Ambon pada tahun 2023 mengalami peningkatan yang pesat sejak tahun 2013, hal ini tentu saja dipengaruhi oleh status Kota Ambon sebagai ibukota Provinsi Maluku yang berdampak pada pertumbuhan populasi, pertumbuhan ekonomi serta berkontribusi pada peningkatan jumlah bangunan di Kota Ambon. Hasil digitasi bangunan pada tahun 2013 dan 2023 kemudian dilakukan proses analisis kepadatan menggunakan tools kernel density pada software Arc GIS, setelah itu dilakukan klasifikasi tingkat kepadatan menjadi 3 kelas yaitu kepadatan permukiman rendah, sedang dan tinggi. Selengkapnya alur kerja penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Sebaran Bangunan di Kota Ambon tahun 2013 dan 2023

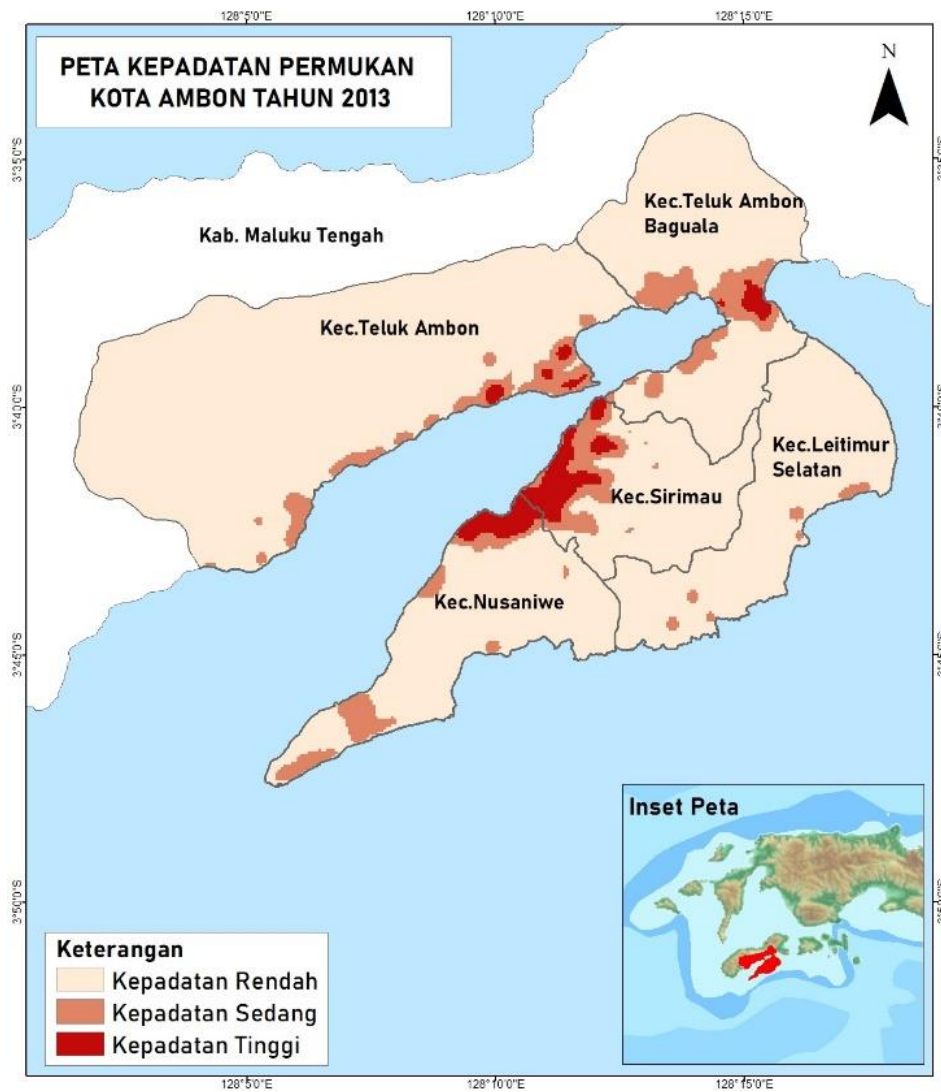


Gambar 2. Alur Kerja

Pengolahan data dimulai dari interpretasi dan digitasi sebaran bangunan pada citra IKONOS tahun 2013 dan citra SPOT 6 tahun 2023 di software Arc GIS 10.8. Data sebaran bangunan pada tahun 2013 dan 2023 kemudian dilakukan proses analisis kernel density. Metode Kernel Density adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis dan memvisualisasikan pola kepadatan atau distribusi spasial suatu fenomena di wilayah tertentu [22]. Metode ini memperkirakan kepadatan dengan menghitung kontribusi dari setiap titik data ke area sekitarnya menggunakan fungsi kernel [23]. Dalam konteks analisis perkembangan kepadatan permukiman di Kota Ambon, metode Kernel Density dapat digunakan untuk mengidentifikasi area dengan kepadatan permukiman yang tinggi atau rendah serta mengamati perubahan kepadatan seiring waktu. Hasil analisis kernel density menghasilkan sebaran kepadatan permukiman Kota Ambon tahun 2013 dan 2023.

HASIL DAN PEMBAHASAN

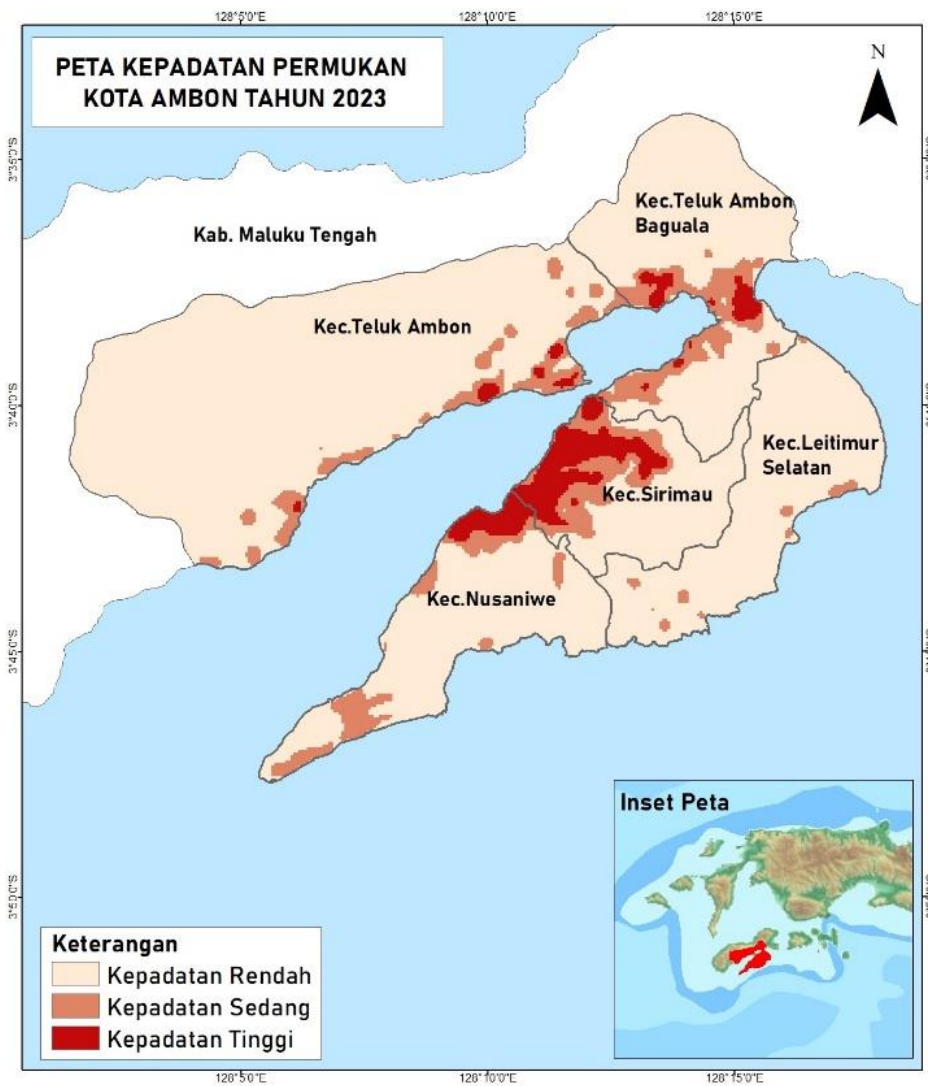
Kepadatan permukiman memiliki peran penting dalam analisis perkotaan dan perencanaan ruang. Ukuran kepadatan permukiman dapat memberikan gambaran tentang intensitas penggunaan lahan, tekanan pada infrastruktur dan fasilitas publik, dan kualitas hidup penduduk di suatu wilayah. Berdasarkan hasil analisis kepadatan permukiman tahun 2013 menggunakan Metode kernel density pada gambar 1 menunjukkan bahwa daerah berkepadatan rendah memiliki presentasi luasan sebesar 88,95%, daerah berkepadatan sedang sebesar 8,19%, dan daerah berkepadatan tinggi sebesar 2,87%. Secara lengkapnya luasan kepadatan permukiman tahun 2013 dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 3. Peta Kepadatan Permukiman Tahun 2013

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa daerah berkepadatan tinggi berpusat di inti Kota Ambon yang berada di daerah pesisir. Kepadatan permukiman yang tinggi biasanya mengindikasikan adanya tingkat urbanisasi yang tinggi, lahan yang terbatas, dan adanya kepadatan penduduk yang lebih tinggi dalam suatu wilayah [24],[25]. Hal ini dapat mempengaruhi infrastruktur perkotaan seperti jalan, transportasi publik, dan penyediaan air dan sanitasi. Selain itu, kepadatan permukiman yang tinggi juga dapat berdampak pada kualitas hidup penduduk, seperti akses ke fasilitas kesehatan, ruang terbuka hijau, dan lingkungan yang bersih dan aman [26]. Di sisi lain, kepadatan permukiman yang rendah dapat mengindikasikan adanya lahan yang belum dimanfaatkan sepenuhnya atau kurangnya urbanisasi. Kepadatan permukiman yang rendah mungkin menghadapi tantangan dalam menyediakan layanan publik yang efisien dan menghubungkan masyarakat dengan fasilitas dan kesempatan ekonomi. Pengukuran kepadatan permukiman juga dapat memberikan pemahaman tentang distribusi spasial penduduk di suatu wilayah. Pola kepadatan permukiman dapat mengungkapkan adanya klaster penduduk atau konsentrasi di daerah tertentu, serta perbedaan kepadatan di wilayah perkotaan, perkampungan, atau daerah pinggiran.

Pada Gambar 4 dapat dilihat pola distribusi kepadatan permukiman di Kota Ambon tahun 2023. Hasil analisis kepadatan permukiman tahun 2023 menunjukkan bahwa daerah berkepadatan rendah memiliki presentasi luasan sebesar 85,17%, daerah berkepadatan sedang mengalami kenaikan sebesar 10,87%, dan daerah berkepadatan tinggi sebesar 3,96%. Secara lengkapnya luas kepadatan permukiman di Kota Ambon dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Peta Kepadatan Permukiman Tahun 2023

Tabel 1. Luas Kepadatan Permukiman di Kota Ambon

Tingkat Kepadatan	Luas (ha)			
	Tahun 2013	%	Tahun 2023	%
Kepadatan Rendah	28.944,96	88,95	27.715,34	85,17
Kepadatan Sedang	2.663,88	8,19	3537,25	10,87
Kepadatan Tinggi	932,70	2,87	1.288,96	3,96
Total Luas	32.541,54	100,00	32.541,54	100,00

Berdasarkan Gambar 4 dan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kepadatan permukiman di Kota Ambon terus mengalami peningkatan luasan setiap tahunnya. Peningkatan luasan kepadatan permukiman di Kota Ambon setiap tahunnya menunjukkan adanya pertumbuhan perkotaan yang signifikan. Faktor-faktor seperti pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan pembangunan infrastruktur dapat menyebabkan peningkatan luasan kepadatan permukiman di kota tersebut. Penting untuk diingat bahwa pola kepadatan permukiman dapat berubah dari waktu ke waktu sebagai hasil dari perubahan demografi, kebijakan perencanaan, dan perkembangan infrastruktur.

Peningkatan luasan kepadatan permukiman di Kota Ambon menunjukkan perkembangan dan dinamika perkotaan yang terjadi di wilayah tersebut. Kecamatan Sirimau yang merupakan kecamatan dengan jumlah penduduk terbanyak di Kota Ambon mengalami peningkatan kepadatan permukiman yang tinggi setiap tahunnya berbeda dengan kecamatan lainnya. Namun, penting bagi pemerintah dan para pemangku kepentingan untuk memastikan bahwa pertumbuhan perkotaan ini diimbangi dengan pembangunan infrastruktur yang memadai, akses ke fasilitas umum, dan pengelolaan tata ruang yang baik guna mencapai keberlanjutan perkotaan dan kualitas hidup yang baik bagi penduduk Kota Ambon. Meningkatnya kepadatan permukiman di Kota Ambon dapat menyebabkan beberapa masalah yang perlu diperhatikan dalam

perencanaan perkotaan. Berikut adalah beberapa masalah yang mungkin timbul:

1. Keterbatasan lahan: Dengan peningkatan kepadatan permukiman, lahan yang tersedia menjadi semakin terbatas. Hal ini dapat menyulitkan pengembangan infrastruktur yang memadai, seperti jalan, taman, fasilitas umum, dan ruang terbuka hijau [27]. Keterbatasan lahan juga dapat mengakibatkan pertumbuhan permukiman yang tidak teratur dan tidak terencana.
2. Kemacetan lalu lintas: Meningkatnya kepadatan permukiman berarti peningkatan jumlah penduduk yang tinggal di area yang sama. Ini dapat menyebabkan peningkatan lalu lintas dan kemacetan di jalan-jalan Kota Ambon. Kemacetan lalu lintas dapat mengganggu mobilitas penduduk, menyebabkan waktu perjalanan yang lebih lama, polusi udara, dan berkurangnya efisiensi transportasi publik.
3. Kualitas hidup yang menurun: Peningkatan kepadatan permukiman dapat mempengaruhi kualitas hidup penduduk. Dalam permukiman yang padat, akses terhadap fasilitas publik seperti air bersih, sanitasi, dan fasilitas kesehatan mungkin terbatas. Selain itu, kebisingan, polusi udara, dan ketidaknyamanan sosial juga dapat meningkat karena ruang yang sempit dan interaksi yang intens antarpenduduk [28].
4. Tekanan pada sumber daya alam: Dalam permukiman yang padat, ada peningkatan permintaan akan sumber daya alam seperti air, energi, dan lahan [29]. Tekanan ini dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan, kekeringan, dan penurunan produktivitas pertanian. Jika tidak dikelola dengan baik, dapat terjadi degradasi lingkungan yang berdampak negatif pada kesehatan dan keberlanjutan lingkungan.
5. Ketidakmerataan sosial-ekonomi: Dalam lingkungan permukiman yang padat, kesenjangan sosial-ekonomi dapat terjadi [30]. Ada kemungkinan ketimpangan akses terhadap fasilitas dan layanan publik, pendapatan yang rendah, dan kesempatan kerja yang terbatas. Hal ini dapat memperburuk ketidaksetaraan sosial dan ekonomi di antara penduduk Kota Ambon.

Menghadapi masalah-masalah ini, perencanaan perkotaan yang berkelanjutan dan terencana dengan baik sangat penting. Diperlukan langkah-langkah seperti pengembangan infrastruktur yang memadai, pemetaan kawasan perkotaan, pengelolaan lalu lintas yang efisien, perlindungan lingkungan, pemerataan akses terhadap fasilitas publik, dan peningkatan partisipasi masyarakat dalam proses perencanaan. Upaya kolaboratif antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta juga diperlukan untuk mengatasi masalah yang timbul dari meningkatnya kepadatan permukiman di Kota Ambon. Analisis perkembangan kepadatan permukiman di Kota Ambon antara tahun 2013 dan 2023 memiliki manfaat yang penting dalam pemahaman tentang perubahan demografi, pertumbuhan perkotaan, dan perencanaan perkotaan yang berkelanjutan. Berikut ini beberapa manfaat dari analisis tersebut:

1. Pemahaman tentang Pertumbuhan Penduduk: Analisis kepadatan permukiman antara tahun 2013 dan 2023 dapat memberikan wawasan tentang pertumbuhan penduduk di Kota Ambon. Informasi ini penting untuk merencanakan kebutuhan infrastruktur, layanan publik, dan pengelolaan sumber daya yang memadai untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang semakin meningkat [31].
2. Identifikasi Wilayah dengan Kepadatan Tinggi: Analisis kepadatan permukiman dapat membantu mengidentifikasi wilayah-wilayah di Kota Ambon yang memiliki kepadatan tinggi. Informasi ini dapat digunakan dalam perencanaan perkotaan untuk memfokuskan pembangunan infrastruktur, fasilitas umum, dan layanan sosial yang diperlukan di wilayah-wilayah tersebut.
3. Pengembangan Perumahan yang Berkelanjutan: Dengan memahami pola perkembangan kepadatan permukiman, analisis ini dapat membantu dalam pengembangan perumahan yang berkelanjutan di Kota Ambon. Informasi ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi lahan yang tersedia untuk perumahan baru, menentukan kepadatan yang sesuai, dan merencanakan lingkungan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
4. Perencanaan Infrastruktur yang Tepat: Analisis kepadatan permukiman dapat memberikan panduan dalam perencanaan dan pengembangan infrastruktur yang sesuai dengan kebutuhan penduduk di Kota Ambon. Dengan mengetahui daerah-daerah dengan kepadatan tinggi, pemerintah dapat mengalokasikan sumber daya dengan lebih efisien untuk membangun dan meningkatkan infrastruktur yang mendukung kehidupan perkotaan yang berkualitas.
5. Pengelolaan Lingkungan dan Sumber Daya: Informasi tentang kepadatan permukiman juga penting dalam pengelolaan lingkungan dan sumber daya di Kota Ambon. Dengan memahami pola kepadatan, dapat dilakukan pengaturan yang tepat untuk menjaga kualitas lingkungan, memastikan akses ke ruang terbuka hijau, dan mengelola sumber daya alam dengan bijak.
6. Pengambilan Keputusan yang Informatif: Analisis kepadatan permukiman memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan yang informatif dalam perencanaan perkotaan. Informasi ini dapat digunakan oleh pemerintah, perencana, pengembang, dan pemangku kepentingan lainnya untuk menginformasikan kebijakan, regulasi, dan tindakan yang diperlukan untuk mengelola pertumbuhan perkotaan dengan baik.

Dengan memanfaatkan analisis perkembangan kepadatan permukiman di Kota Ambon tahun 2013 dan 2023, dapat diharapkan bahwa perencanaan perkotaan yang lebih baik, pengembangan yang berkelanjutan, dan pengelolaan yang efisien akan tercapai, sehingga meningkatkan kualitas hidup penduduk dan keberlanjutan kota.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis menunjukkan adanya peningkatan kepadatan permukiman selama periode tersebut, yang mengindikasikan pertumbuhan perkotaan yang signifikan. Pola distribusi kepadatan permukiman juga terlihat, dengan pusat kota sebagai area yang memiliki kepadatan tinggi. Penelitian ini memiliki implikasi penting dalam perencanaan perkotaan dan pengelolaan pertumbuhan perkotaan yang berkelanjutan. Informasi tentang perkembangan kepadatan permukiman dapat digunakan sebagai panduan dalam pengembangan infrastruktur yang memadai, alokasi lahan yang efisien, dan peningkatan kualitas hidup penduduk. Dalam konteks Kota Ambon, peningkatan kepadatan permukiman juga dapat menjadi tantangan dalam menyediakan perumahan yang memadai, layanan publik yang berkualitas, dan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Dalam rangka mengatasi tantangan ini, perlu dilakukan perencanaan perkotaan yang terarah dan berkelanjutan. Pemerintah dan para pemangku kepentingan perlu bekerja sama untuk mengembangkan kebijakan yang mendukung pengendalian kepadatan, pembangunan infrastruktur yang terintegrasi, peningkatan aksesibilitas, dan pengelolaan lingkungan yang baik. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam upaya mengelola pertumbuhan perkotaan yang berkelanjutan di Kota Ambon.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Latue, P. C., Septory, J. S. I., & Rakuasa, "Perubahan Tutupan Lahan Kota Ambon Tahun 2015, 2019 dan 2023," *JPG (Jurnal Pendidik. Geogr.*, vol. 10, no. 1, pp. 177–186, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.20527/jpg.v10i1.15472>.
- [2] H. Pertuack, S., Latue, P.C., & Rakuasa, "Analisis Spasial Daya Dukung Lahan Permukiman Kota Ternate," *ULIL ALBAB J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 2, no. 6, pp. 2084–2090, 2023, doi: <https://doi.org/10.56799/jim.v2i6.1574>.
- [3] H. Salakory, M., Rakuasa, "Modeling of Cellular Automata Markov Chain for predicting the carrying capacity of Ambon City," *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 12, no. 2, pp. 372–387, 2022, doi: <https://doi.org/10.29244/jpsl.12.2.372-387>.
- [4] H. Rakuasa, S. Supriatna, A. Karsidi, A. Rifai, M. . Tambunan, and A. Poniman K, "Spatial Dynamics Model of Earthquake Prone Area in Ambon City," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1039, no. 1, p. 012057, Sep. 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1039/1/012057.
- [5] R. Coluzzi *et al.*, "Density matters? Settlement expansion and land degradation in Peri-urban and rural districts of Italy," *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 92, p. 106703, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.eiar.2021.106703.
- [6] J. Hua *et al.*, "Investigating pedestrian-level greenery in urban forms in a high-density city for urban planning," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 80, p. 103755, May 2022, doi: 10.1016/j.scs.2022.103755.
- [7] M. van Oostrum, "Access, density and mix of informal settlement: Comparing urban villages in China and India," *Cities*, vol. 117, p. 103334, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.cities.2021.103334.
- [8] A. de Castro Mazarro, S. K. Sikder, and A. A. Pedro, "Spatializing inequality across residential built-up types: A relational geography of urban density in São Paulo, Brazil.," *Habitat Int.*, vol. 119, p. 102472, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.habitatint.2021.102472.
- [9] M. E. Smith *et al.*, "The Low-Density Urban Systems of the Classic Period Maya and Izapa: Insights from Settlement Scaling Theory," *Lat. Am. Antiq.*, vol. 32, no. 1, pp. 120–137, Mar. 2021, doi: 10.1017/laq.2020.80.
- [10] A. E. Thompson *et al.*, "Ancient Lowland Maya neighborhoods: Average Nearest Neighbor analysis and kernel density models, environments, and urban scale," *PLoS One*, vol. 17, no. 11, p. e0275916, Nov. 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0275916.
- [11] R. Brigand and O. Weller, "Kernel density estimation and transition maps of Moldavian Neolithic and Eneolithic settlement," *Data Br.*, vol. 17, pp. 452–458, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.dib.2018.01.051.
- [12] R. P. Rakuasa, H., Tambunan, M. P., & Tambunan, "Analisis Sebaran Spasial Tingkat Kejadian Kasus Covid-19 Dengan Metode Kernel Density di Kota Ambon," *J. Geogr. Media Inf. Pengemb. dan Profesi Kegeografian*, vol. 18, no. 2, pp. 76–82, 2021, doi: <https://doi.org/10.15294/jg.v18i2.28234>.
- [13] G. S. Heinrich Rakuasa, "Analisis Spasial Kesesuaian dan Evaluasi Lahan Permukiman di Kota Ambon," *J. Sains Inf. Geogr. (J SIG)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: DOI: <http://dx.doi.org/10.31314/j%20sig.v5i1.1432>.
- [14] H. Muin, A., & Rakuasa, "Evaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Ambon Berdasarkan Aspek Kerawanan Banjir," *ULIL ALBAB J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 2, no. 5, pp. 1727–1738., 2023, doi: <https://doi.org/10.56799/jim.v2i5.1485>.
- [15] H. Rakuasa, D. A. Sihasale, G. Somae, and P. C. Latue, "Prediction of Land Cover Model for Central Ambon

- City in 2041 Using the Cellular Automata Markov Chains Method,” *J. Geosains dan Remote Sens.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, May 2023, doi: 10.23960/jgrs.2023.v4i1.85.
- [16] B. E. Vestal, N. E. Carlson, and D. Ghosh, “Filtering Spatial Point Patterns Using Kernel Densities,” *Spat. Stat.*, p. 100487, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.spasta.2020.100487.
- [17] Z. I. Botev, J. F. Grotowski, and D. P. Kroese, “Kernel density estimation via diffusion,” *Ann. Stat.*, vol. 38, no. 5, pp. 2916–2957, 2010, doi: 10.1214/10-AOS799.
- [18] “Kernel Density Estimation,” in *Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining*, Boston, MA: Springer US, 2017, pp. 690–690. doi: 10.1007/978-1-4899-7687-1_100231.
- [19] A. Bareche and D. Aïssani, “Kernel density in the use of the strong stability method to evaluate the proximity of G/M/1 and M/M/1 systems,” *VALUETOOLS 2007 - 2nd Int. ICST Conf. Perform. Eval. Methodol. Tools*, 2007, doi: 10.4108/valuetools.2007.1969.
- [20] M. Leitner and W. B. Arden, “Using Kernel Density Interpolation To Visualize the Effects of Mass Treatment With Ivermectin on Helminth Prevalence in Rural Northeast Brazil,” no. November 2009, 2017.
- [21] X. Cai, Z. Wu, and J. Cheng, “Using kernel density estimation to assess the spatial pattern of road density and its impact on landscape fragmentation,” *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 27, no. 2, pp. 222–230, 2013, doi: 10.1080/13658816.2012.663918.
- [22] N. A. Monjarás-Vega *et al.*, “Predicting forest fire kernel density at multiple scales with geographically weighted regression in Mexico,” *Sci. Total Environ.*, vol. 718, p. 137313, May 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137313.
- [23] J. Zhang, B. Lin, and Y. Zhou, “Kernel density estimation for partial linear multivariate responses models,” *J. Multivar. Anal.*, vol. 185, p. 104768, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.jmva.2021.104768.
- [24] H. Rakuasa, D. A. Sihasale, and P. C. Latue, “Model Tutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai Kota Ambon Tahun 2031: Studi Kasus DAS Wai Batu Gantung, Wai Batu Gajah, Wai Tomu, Wai Batu Merah Dan Wai Ruhu,” *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, vol. 9, no. 2, pp. 473–486, Jul. 2022, doi: 10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.29.
- [25] D. Chi *et al.*, “Residential Exposure to Urban Trees and Medication Sales for Mood Disorders and Cardiovascular Disease in Brussels, Belgium: An Ecological Study,” *Environ. Health Perspect.*, vol. 130, no. 5, May 2022, doi: 10.1289/EHP9924.
- [26] H. Rakuasa, “ANALISIS SPASIAL TEMPORAL SUHU PERMUKAAN DARATAN/ LAND SURFACE TEMPERATURE (LST) KOTA AMBON BERBASIS CLOUD COMPUTING: GOOGLE EARTH ENGINE,” *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 27, no. 3, pp. 194–205, Dec. 2022, doi: 10.35760/ik.2022.v27i3.7101.
- [27] A. R. Somae, G., Supriatna, S., Rakuasa, H., & Lubis, “PEMODELAN SPASIAL PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN PREDIKSI TUTUPAN LAHAN KECAMATAN TELUK AMBON BAGUALA MENGGUNAKAN CA-MARKOV,” *J. Sains Inf. Geogr. (J SIG)*, vol. 6, no. 1, pp. 10–19, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.31314/jsig.v6i1.1832>.
- [28] H. Rakuasa and S. Pertuack, “Pola Perubahan Suhu Permukaan Daratan di Kecamatan Ternate Tengah, Kota Ternate Tahun 2013 dan 2023 Menggunakan Google Earth Engine,” *sudo J. Tek. Inform.*, vol. 2, no. 2, pp. 78–85, Jun. 2023, doi: 10.56211/sudo.v2i2.271.
- [29] Philia Christi Latue and Heinrich Rakuasa, “Spatial Dynamics of Land Cover Change in Wae Batu Gantung Watershed, Ambon City, Indonesia,” *Int. J. Sci. Multidiscip. Res.*, vol. 1, no. 3, pp. 117–130, Apr. 2023, doi: 10.55927/ijsmr.v1i3.3623.
- [30] S. Han and B. Sun, “Impact of Population Density on PM2.5 Concentrations: A Case Study in Shanghai, China,” *Sustainability*, vol. 11, no. 7, p. 1968, Apr. 2019, doi: 10.3390/su11071968.
- [31] M. C. Rakuasa, H., Salakory, M., & Mehdil, “Prediksi perubahan tutupan lahan di DAS Wae Batu Merah, Kota Ambon menggunakan Cellular Automata Markov Chain,” *J. Pengelolaan Lingkungan. Berkelanjutan (Journal Environ. Sustain. Manag.)*, vol. 6, no. 2, pp. 59–75, 2022, doi: <https://doi.org/10.36813/jplb.6.2.59-75>.