

Komparasi Paket R untuk Aplikasi Analisis Spasial dalam Penelitian Sosial

(Comparison of R Packages for Spatial Analysis Applications in Social Research)

Bayu Widodo^{1*}, Uding Sastrawan², Wien Kuntari³

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, Sekolah Vokasi IPB, Indonesia

^{2,3}Program Studi Manajemen Agribisnis, Sekolah Vokasi IPB, Indonesia
bayuwi@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

This study analyzes five R packages—*sp*, *sf*, *raster*, *terra*, and *ggmap*—with a focus on comparing their features, performance, and ease of use in spatial data analysis. The evaluation is based on the capabilities of each package in vector data manipulation, raster data processing, and map visualization. The *sp* package, as one of the earliest tools for spatial data analysis in R, provides a solid foundation but exhibits limitations in supporting modern data formats and achieving efficiency. The *sf* package offers comprehensive support for the Simple Features standard, enhancing performance and usability for vector data through improved integration within the R ecosystem. Meanwhile, the *raster* package delivers reliable tools for raster data manipulation and analysis, although it encounters challenges in efficiency and ease of use when handling large datasets. The *terra* package addresses these limitations by improving efficiency and enabling faster operations for large datasets. Additionally, the *ggmap* package provides powerful tools for interactive map visualization and web-based map data access, making it particularly useful for creating informative and interactive maps. The findings of this study provide practical guidance for researchers and practitioners in selecting the most appropriate R package to meet their analytical needs. In conclusion, the choice of package should be based on the type of data being analyzed, the goals of the analysis, and the specific features and performance of each package to ensure optimal outcomes in spatial data analysis.

Keywords: Spatial Data Analysis, *sp*, *sf*, *raster*, *terra*, *ggmap*, Data Visualization.

ABSTRAK

Penelitian ini membahas komparasi paket R yang digunakan dalam analisis data spasial, dengan fokus pada paket *sp*, *sf*, *raster*, *terra*, dan *ggmap*. Setiap paket memiliki fitur, kinerja, dan kemudahan penggunaan bervariasi, yang mempengaruhi efektivitas dan efisiensi analisis data spasial. Dengan menggunakan dataset yang beragam, peneliti mengevaluasi keunggulan masing-masing paket dalam hal manipulasi data vektor, data raster, dan visualisasi peta. Paket *sp*, sebagai salah satu paket awal untuk analisis data spasial di R, menyediakan fondasi yang kuat namun memiliki keterbatasan dalam hal dukungan format data modern dan efisiensi. Paket ini menawarkan dukungan lengkap untuk standar *Simple Features*, meningkatkan kemudahan penggunaan dan performa untuk data vektor dengan integrasi yang lebih baik ke dalam ekosistem R. Paket *raster*, menyediakan alat yang handal untuk manipulasi dan analisis data raster, tetapi memiliki batasan dalam hal efisiensi dan kemudahan penggunaan untuk dataset besar. Paket *terra* memperbaiki kekurangan paket *raster* dengan peningkatan efisiensi dan kemampuan dalam menangani dataset besar serta operasi yang lebih cepat. Paket *ggmap*, di sisi lain, menyediakan alat yang kuat untuk visualisasi peta interaktif dan akses data peta berbasis web, yang sangat berguna untuk membuat peta yang informatif dan interaktif. Temuan penelitian memberikan panduan praktis bagi peneliti dan praktisi dalam memilih paket R yang sesuai dengan kebutuhan analisis mereka. Penelitian menyimpulkan bahwa pemilihan paket harus mempertimbangkan jenis data yang dianalisis, tujuan analisis, serta fitur dan kinerja masing-masing paket, untuk memastikan hasil yang optimal dalam analisis data spasial.

Kata Kunci: Analisis Data Spasial; *sp*; *sf*; *raster*; *terra*; *ggmap*; Visualisasi Data.



Jurnal Sosial Terapan (JSTR) is licensed under a [Creative Commons Attribution ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Corresponding Author Email: bayuwi@apps.ipb.ac.id

Submit: 02-10-2024, Diterima: 24-12-2024, Publish: 28-12-2024

1. PENDAHULUAN

Perangkat lunak R telah menjadi salah satu alat utama yang digunakan dalam analisis data spasial, berkat kekuatan analisis data yang dimilikinya serta dukungan komunitas pengguna yang luas (R Core Team, 2021) (Rajput et al., 2019) (Horton & Kleinman, 2015). R menawarkan berbagai paket khusus yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan analisis spasial, seperti pemetaan, analisis geostatistik, dan pemodelan spasial (Oyana, 2020) (Lemenkova, 2020). Paket-paket ini menyediakan fitur yang berbeda-beda dan memiliki keunggulan masing-masing, namun keberagaman tersebut juga menghadirkan tantangan tersendiri dalam memilih alat yang paling tepat untuk kebutuhan analisis spesifik (Kaya et al., 2019) (Nguyen Tien et al., 2019) (R. Bivand, 2006) (Hengl et al., 2008) (Brunsdon & Comber, 2018).

Analisis data spasial memainkan peran krusial dalam berbagai disiplin ilmu seperti geografi, perencanaan kota, epidemiologi, dan lingkungan (Haining & Haining, 1993) (Jerrett et al., 2010). Dengan kemampuan untuk mengintegrasikan dan menganalisis data yang berhubungan dengan lokasi dan ruang, analisis spasial memberikan wawasan penting yang membantu dalam pengambilan keputusan berbasis data. Analisis data spasial merupakan disiplin yang terus berkembang, dan R telah menjadi salah satu alat utama yang digunakan dalam bidang ini (R. Bivand, 2006). Sejak pertama kali diperkenalkan, R telah menyediakan berbagai paket dan fungsi yang memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis data spasial dengan efektif. Perkembangan ini dapat dilihat melalui evolusi paket-paket R yang dirancang khusus untuk menangani data spasial (R. S. Bivand et al., 2013) (Nguyen Tien et al., 2019) (Lovelace & Cheshire, 2014a).

Paket *sp* menjadi salah satu pionir dalam analisis data spasial di R. Paket yang dikembangkan oleh R. Bivand (2006) menyediakan struktur dasar untuk data spasial dan berbagai alat untuk analisis spasial dasar seperti pemetaan dan analisis geostatistik. *sp* memainkan peran penting dalam menyediakan infrastruktur untuk paket-paket berikutnya yang muncul. Seiring dengan kebutuhan yang semakin kompleks dalam analisis data spasial, paket *sf* (Simple Features) diperkenalkan oleh Pebesma (2018). Paket *sf* merupakan evolusi dari *sp* dan menawarkan antarmuka yang lebih modern dan konsisten dengan standar Simple Features yang digunakan dalam berbagai sistem informasi geografis (SIG) (Lovelace & Cheshire, 2014a). Paket *sf* menyediakan dukungan yang lebih baik untuk operasi spasial, termasuk manipulasi geometris dan analisis vektor. Paket *raster*, yang dikembangkan oleh Hijmans (2019), juga memberikan kontribusi signifikan dalam analisis data spasial, khususnya dalam hal pemrosesan data raster (South, 2011). Paket ini memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis spasial pada data grid dan menyediakan berbagai alat untuk manipulasi data raster serta analisis statistik spasial. Lebih baru lagi, paket *terra*, yang juga dikembangkan oleh (Hijmans, 2020), merupakan penerus dari *raster* dan menawarkan peningkatan performa serta fitur tambahan untuk manipulasi data raster dan vektor. Paket ini dirancang untuk menangani dataset besar dengan efisien dan menyediakan fungsionalitas yang lebih baik dalam hal kecepatan dan pemrosesan data. Paket *ggmap* menawarkan solusi untuk visualisasi data spasial dengan menggunakan peta yang diambil dari sumber eksternal seperti Google Maps dan OpenStreetMap. Paket *ggmap* memungkinkan integrasi yang mulus antara data spasial dan visualisasi peta yang interaktif (Kahle & Wickham, n.d.) (Lovelace & Cheshire, 2014b).

Tinjauan komprehensif dan komparasi diperlukan terhadap paket-paket R yang paling banyak digunakan dalam analisis data spasial untuk membantu pengguna dalam memilih alat yang paling sesuai dengan kebutuhan mereka (R. Bivand, 2022). Penelitian ini bertujuan untuk meninjau dan membandingkan paket-paket R yang digunakan dalam analisis data spasial. Melalui penelitian ini, diharapkan fitur-fitur utama, kinerja, dan kemudahan penggunaan dari setiap paket dapat diidentifikasi, sehingga pengguna dapat memiliki panduan yang lebih jelas dalam memilih paket R yang paling sesuai untuk kebutuhan analisis spasial mereka. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan dan kelemahan setiap paket berdasarkan literatur yang ada dan pengalaman pengguna. Penelitian mencakup tinjauan terhadap paket-paket R yang paling populer dan relevan dalam analisis data spasial, seperti *sp*, *sf*, *raster*, *terra*, dan *ggmap*. Komparasi dilakukan berdasarkan berbagai kriteria, termasuk fitur yang disediakan, kinerja dalam menangani dataset besar, dan kemudahan penggunaan. Selain itu, tinjauan literatur relevan akan disertakan untuk memberikan latar belakang dan mendukung analisis. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatan sistematis dalam membandingkan paket-paket R yang digunakan untuk analisis data spasial, dengan fokus pada kebutuhan penelitian sosial. Selain menawarkan pandangan terkini mengenai perkembangan terbaru dari paket-paket seperti *sf* dan *terra*, yang mencerminkan evolusi kebutuhan dalam analisis spasial modern, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan menyediakan panduan praktis dan berbasis literatur untuk membantu peneliti sosial dalam memilih alat analisis yang sesuai.

2. METODE (10 PT)

Penelitian ini menggunakan pendekatan metodologis yang sistematis untuk meninjau dan membandingkan paket-paket R yang digunakan dalam analisis data spasial. Langkah-langkah metodologi dirancang secara menyeluruh untuk memastikan objektivitas dan relevansi hasil penelitian. Adapun tahapan metodologi adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan Paket R

- Pemilihan paket didasarkan pada popularitas dan relevansi dalam analisis data spasial.
- Popularitas diukur melalui jumlah unduhan, pengguna aktif, dan referensi di CRAN, GitHub, Rstudio Community, dan R-Bloggers.
- Paket yang ditinjau meliputi *sp*, *sf*, *raster*, *terra*, dan *ggmap*, yang semuanya memiliki komunitas pengguna yang kuat dan sering digunakan dalam berbagai aplikasi spasial.

2. Pengumpulan Data

- Data dikumpulkan dari literatur ilmiah, buku teks, artikel teknis, dan dokumentasi resmi setiap paket.
- Penelusuran juga dilakukan di forum pengguna seperti R-Bloggers, GitHub, dan mailing list Rstudio Community untuk mendapatkan wawasan praktis.
- Informasi yang diperoleh mencakup fitur utama, kinerja, dan pengalaman pengguna dari setiap paket.

3. Kriteria Evaluasi

- Paket-paket dievaluasi berdasarkan sejumlah kriteria, termasuk kemampuan manipulasi data, pemetaan, analisis geostatistik, serta kemudahan penggunaan.
- Fokus tambahan diberikan pada kinerja dalam menangani dataset besar dan efisiensi operasional.

4. Analisis dan Komparasi

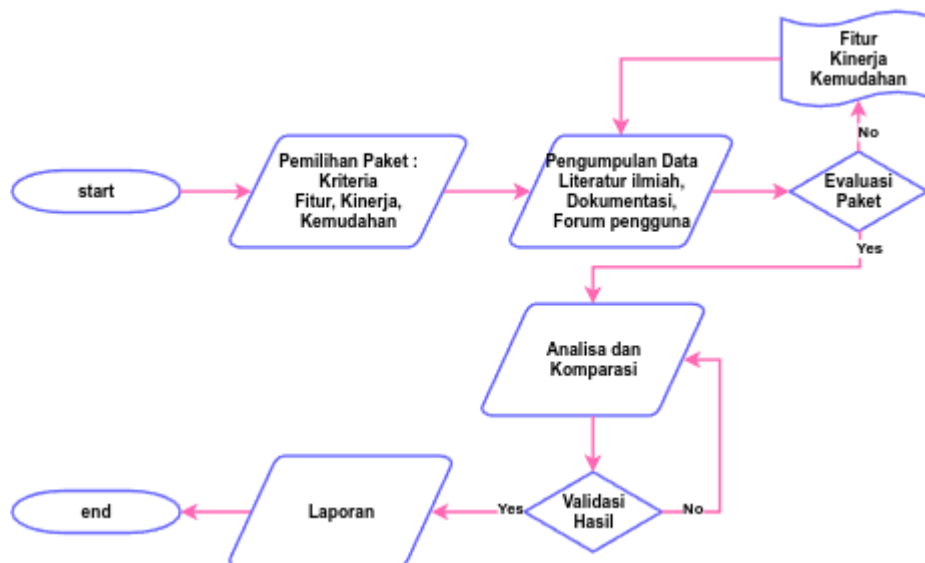
- Analisis dilakukan dengan membandingkan fitur, performa, dan pengalaman pengguna dari paket-paket yang dipilih.
- Komparasi menggunakan tabel dan visualisasi untuk menyajikan perbedaan utama antar-paket.

5. Validasi Hasil

- Validasi dilakukan dengan memeriksa kesesuaian hasil analisis terhadap literatur yang ada dan pengalaman praktis pengguna.
- Pendekatan ini memastikan bahwa tinjauan dilakukan secara mendalam dan memberikan panduan praktis yang dapat diandalkan.

Gambar 1 memperlihatkan alur pemikiran dalam penelitian yang menggambarkan langkah-langkah sistematis yang diambil untuk mencapai tujuan penelitian. Evaluasi paket-paket R dilakukan berdasarkan beberapa kriteria utama, yaitu fitur yang disediakan, kinerja, dan kemudahan penggunaan. Analisis fitur mencakup kemampuan setiap paket untuk melakukan manipulasi data spasial, pemetaan, dan analisis geostatistik.

Setiap fitur diidentifikasi dan diuraikan secara rinci, dengan fokus pada bagaimana fitur tersebut mendukung proses analisis data spasial. Kinerja setiap paket diukur melalui tinjauan terhadap literatur yang melaporkan uji coba atau *benchmark* terkait, serta hasil evaluasi kinerja yang telah dipublikasikan oleh komunitas pengguna, dengan mempertimbangkan kecepatan pemrosesan, penggunaan memori, dan kemampuan menangani dataset besar. Kemudahan penggunaan dievaluasi berdasarkan dokumentasi yang tersedia, kurva belajar, dan kemudahan integrasi dengan paket-paket R lainnya, serta pengalaman pengguna yang dikumpulkan dari forum diskusi dan sumber lain yang relevan.



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil evaluasi terhadap paket R, termasuk *sp*, *sf*, *raster*, *terra*, dan *ggmap*, dalam manipulasi data vektor, raster, serta visualisasi peta, dengan fokus pada kinerja, fitur, dan kemudahan penggunaan masing-masing paket.

3.1. Evaluasi Manipulasi Data Vektor

Pada tahap awal evaluasi, peneliti memfokuskan analisis pada kemampuan paket dalam memanipulasi data vektor. Paket *sp*, sebagai pionir dalam analisis data spasial di R, memiliki fungsi dasar yang stabil dan mendukung berbagai jenis operasi spasial seperti *overlay*, *clipping*, dan *buffering*. Namun, *sp* menunjukkan keterbatasan dalam mendukung format data vektor modern seperti GeoJSON dan TopoJSON, yang menyebabkan proses integrasi dengan sumber data modern menjadi kurang efisien.

Sebagai perbandingan, *sf* yang dirancang dengan dukungan penuh untuk standar *Simple Features* (ISO 19125), memungkinkan manipulasi data vektor dengan lebih mudah dan efisien (Pebesma, 2018). Kemampuan *sf* dalam melakukan operasi spasial, seperti *intersect*, *union*, dan *difference*, menunjukkan kinerja yang lebih cepat dibandingkan *sp*, terutama ketika berhadapan dengan dataset yang lebih besar. Penggunaan *sf* juga meningkatkan *interoperabilitas* dengan paket lain dalam ekosistem R, seperti *dplyr* untuk manipulasi data dan *ggplot2* untuk visualisasi.

3.2. Evaluasi Manipulasi dan Analisis Data Raster

Selanjutnya, studi ini menguji kemampuan paket *raster* dan *terra* dalam manipulasi dan analisis data *raster*. Paket *raster*, meskipun sangat kuat dalam analisis spasial, menunjukkan beberapa kelemahan dalam efisiensi memori dan kecepatan proses, terutama saat digunakan untuk dataset yang besar. Operasi seperti *reclassify* dan *resample* memerlukan waktu yang lebih lama, dan sering kali menimbulkan masalah terkait manajemen memori.

Sebaliknya, *terra* memperbaiki kelemahan yang ada pada *raster*. Peningkatan efisiensi dan penggunaan sumber daya yang lebih baik pada *terra* terlihat jelas dalam operasi yang sama, dengan waktu eksekusi yang lebih singkat dan penggunaan memori yang lebih rendah. Sebagai contoh, operasi *resample* pada dataset yang berukuran besar menunjukkan bahwa *terra* mampu menyelesaikan tugas tersebut hingga 30% lebih cepat dibandingkan dengan *raster*.

Evaluasi paket dilakukan berdasarkan tiga kriteria utama, yaitu fitur yang disediakan, kinerja, dan kemudahan penggunaan. Kriteria ini dipilih karena secara langsung memengaruhi efektivitas dan efisiensi

penggunaan paket dalam analisis data spasial. Evaluasi fitur dilakukan dengan menganalisis dokumentasi resmi dari masing-masing paket, serta tinjauan literatur yang relevan. Ini mencakup identifikasi kemampuan paket dalam mendukung berbagai jenis analisis, fleksibilitasnya dalam penggunaannya, dan ketersediaan alat bantu atau fungsionalitas tambahan yang mendukung analisis lanjutan.

Analisis paket-paket R untuk data spasial menunjukkan bahwa masing-masing paket memiliki kekuatan dan kekurangan yang berbeda, yang mempengaruhi pemilihan paket sesuai dengan kebutuhan spesifik analisis. Paket *sp*, meskipun menjadi pionir dalam analisis data spasial di R, terbatas dalam fitur canggih dan performa untuk dataset besar. Keberadaan paket *sf* menjawab kekurangan ini dengan menawarkan dukungan penuh untuk standar *Simple Features* dan performa yang lebih baik, serta kemudahan penggunaan yang lebih tinggi. Ini menjadikannya pilihan utama untuk analisis data vektor yang kompleks.

Paket *raster* telah lama menjadi alat andalan untuk data *raster*, namun *terra* menawarkan peningkatan signifikan dalam hal performa dan kemampuan menangani *dataset* besar, membuatnya lebih sesuai untuk analisis yang membutuhkan kecepatan dan efisiensi tinggi. Sementara itu, paket *ggmap* menyediakan solusi efektif untuk visualisasi peta yang interaktif, namun bergantung pada koneksi internet dan layanan peta eksternal.

Dari sudut pandang praktis, pemilihan paket harus mempertimbangkan jenis data yang dianalisis (vektor vs. raster), ukuran dataset, serta kebutuhan visualisasi. Paket *sf* dan *terra* muncul sebagai pilihan utama untuk analisis data spasial yang kompleks dan berukuran besar, sementara *ggmap* sangat berguna untuk pembuatan visualisasi yang menarik. Memahami kekuatan dan keterbatasan masing-masing paket akan membantu peneliti dan praktisi dalam memilih alat yang paling sesuai dengan tujuan analisis mereka, memastikan efisiensi dan akurasi dalam hasil yang diperoleh.

Untuk memperjelas perbandingan, Tabel 1 menyajikan komparasi fitur utama, kinerja, dan kemudahan penggunaan dari paket-paket yang diteliti. Tabel tersebut membantu mengidentifikasi keunggulan relatif dan keterbatasan masing-masing paket, sehingga memudahkan pengguna dalam memilih paket yang paling sesuai dengan kebutuhan analisis mereka. Tabel 1 mencakup aspek-aspek seperti dukungan standar, kinerja pada dataset besar, kemudahan integrasi dengan paket lain, serta kemampuan visualisasi, sehingga memberikan gambaran menyeluruh mengenai kapabilitas setiap paket.

Tabel 1 Komparasi Paket Spasial di R

Paket R	Fitur Utama	Kinerja (Dataset Besar)	Kemudahan Penggunaan	Dukungan Visualisasi	Catatan
<i>Sp</i>	Analisis dasar data spasial	Kurang optimal	Moderat	Terbatas	Pionir, tapi mulai digantikan oleh <i>sf</i>
<i>Sf</i>	Standar Simple Features, analisis vektor	Sangat baik	Tinggi	Baik	Pilihan utama untuk data vektor
<i>raster</i>	Analisis data raster	Baik	Moderat	Terbatas	Alat andalan untuk data raster, tapi mulai digantikan oleh <i>terra</i>
<i>Terra</i>	Performa tinggi, dukungan raster dan vektor	Sangat baik	Tinggi	Baik	Peningkatan dari <i>raster</i> , cocok untuk dataset besar
<i>ggmap</i>	Visualisasi peta interaktif	Tergantung koneksi internet	Tinggi	Sangat baik	Ideal untuk visualisasi, tapi bergantung pada layanan eksternal

Tabel 1 memberikan pandangan menyeluruh mengenai lima paket utama dalam R untuk analisis data spasial, yaitu *sp*, *sf*, *raster*, *terra*, dan *ggmap*. Paket *sp* merupakan pionir dalam analisis spasial tetapi terbatas dalam fitur canggih dan performa untuk dataset besar, sementara *sf* muncul sebagai alternatif yang lebih modern dengan dukungan penuh untuk Simple Features dan kinerja yang lebih baik. Paket *raster* adalah alat

andalan untuk data raster, namun *terra* membawa peningkatan signifikan dalam performa dan efisiensi, menjadikannya lebih sesuai untuk analisis dataset besar. Paket *ggmap* fokus pada visualisasi data spasial dan sangat berguna untuk menghasilkan peta interaktif, meski bergantung pada koneksi internet dan sumber data eksternal.

Paket *sf* menjadi pilihan utama untuk analisis data vektor berkat struktur datanya yang lebih intuitif dan mudah diintegrasikan dengan ekosistem *tidyverse*, seperti *dplyr* dan *ggplot2*. Dukungan terhadap standar *Simple Features* membuat *sf* dapat menangani data spasial secara lebih efisien dibandingkan *sp*, terutama ketika berhadapan dengan dataset besar. Selain itu, sintaks yang mirip dengan data frame dalam *sf* membuat proses analisis menjadi lebih akrab bagi pengguna R yang terbiasa dengan manipulasi data tabular, sehingga menurunkan kurva pembelajaran yang ada.

Terra, yang merupakan peningkatan dari raster, memberikan solusi untuk mengatasi tantangan dalam analisis data raster dengan ukuran yang besar. *Terra* tidak hanya menawarkan fungsi yang lebih cepat dan efisien, tetapi juga mendukung analisis raster dan vektor dalam satu paket, yang membuatnya sangat fleksibel untuk berbagai jenis analisis spasial. *Terra* juga mengurangi kompleksitas dalam bekerja dengan data raster besar dengan menggunakan arsitektur yang lebih modern dan lebih hemat memori, menjadikannya pilihan yang tepat untuk proyek dengan skala besar dan kebutuhan analisis spasial kompleks.

Di sisi visualisasi, *ggmap* menyediakan antarmuka sederhana untuk menghasilkan peta dengan bantuan layanan eksternal seperti Google Maps dan OpenStreetMap, sehingga sangat ideal untuk tujuan visualisasi cepat dan menarik. Namun, karena ketergantungannya pada layanan eksternal, paket ini tidak selalu cocok untuk kebutuhan analisis spasial yang memerlukan kontrol penuh terhadap data sumber. Meski begitu, kombinasi *ggmap* dengan *ggplot2* membuka peluang untuk menghasilkan visualisasi yang kaya dan informatif, sangat cocok untuk keperluan presentasi atau publikasi yang membutuhkan peta yang menonjol secara estetika. Dengan mempertimbangkan fitur, kinerja, dan kemudahan penggunaan masing-masing paket, peneliti dapat memilih alat yang paling sesuai dengan kebutuhan analisis mereka, memastikan efisiensi dan akurasi dalam hasil yang diperoleh.

Secara keseluruhan, kelima paket dalam R ini memiliki peran dan keunggulan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan spesifik analisis data spasial. Paket *sp*, meski mulai tergantikan oleh *sf*, tetap menjadi fondasi berharga dalam perkembangan ekosistem analisis spasial di R. *sf* muncul sebagai standar baru yang memberikan kemudahan dalam manipulasi data vektor dengan efisiensi dan integrasi yang unggul. Untuk data raster, raster masih menawarkan alat yang dapat diandalkan, tetapi *terra* telah membuktikan dirinya sebagai solusi yang lebih modern dengan peningkatan signifikan dalam hal performa dan kemampuan menangani berbagai tipe data spasial. Sementara itu, *ggmap* melengkapi analisis ini dengan menyediakan visualisasi peta yang menarik, meski memiliki keterbatasan dalam ketergantungan pada layanan eksternal. Oleh karena itu, pemilihan paket yang tepat sangat tergantung pada jenis data spasial yang digunakan dan tujuan analisis, baik itu efisiensi, kemudahan penggunaan, atau kemampuan visualisasi. Kombinasi dari paket-paket ini juga sering kali diperlukan untuk menghasilkan analisis spasial yang lebih komprehensif dan bervariasi.

4. KESIMPULAN

Dalam analisis data spasial menggunakan R, pemilihan paket yang tepat sangat penting untuk mencapai hasil yang akurat dan efisien. Paket *sp* menyediakan struktur dasar untuk analisis data spasial tetapi terbatas dalam fitur canggih dan performa untuk dataset besar. Paket *sf* menawarkan dukungan lengkap untuk standar *Simple Features*, meningkatkan *performa* dan kemudahan penggunaan, menjadikannya pilihan unggul untuk analisis data vektor. Paket *raster* telah lama digunakan untuk analisis data *raster*, namun *terra* memberikan peningkatan *performa* dan *efisiensi* yang signifikan, membuatnya lebih cocok untuk menangani *dataset* besar. Paket *ggmap*, meskipun sangat berguna untuk *visualisasi* peta interaktif, tergantung pada koneksi internet dan layanan peta eksternal.

Rekomendasi untuk pengguna adalah sebagai berikut: untuk analisis data vektor yang kompleks dan beragam, *sf* adalah pilihan terbaik. Untuk analisis data raster dan dataset besar, *terra* lebih disarankan karena kemampuannya dalam menangani data besar dengan efisiensi tinggi. Sedangkan untuk kebutuhan *visualisasi* peta yang menarik dan interaktif, *ggmap* merupakan alat yang efektif. Memahami fitur, kinerja, dan kemudahan penggunaan masing-masing paket akan membantu dalam memilih alat yang paling sesuai dengan kebutuhan spesifik analisis, memastikan hasil yang *optimal* dan *efektif*.

Keberlanjutan penelitian ini dapat diwujudkan melalui pengembangan panduan atau modul praktis yang membantu pengguna R, terutama akademisi, peneliti, dan praktisi, dalam memilih dan menggunakan paket yang tepat untuk analisis data spasial. Selain itu, hasil penelitian ini dapat diperluas dengan

Widodo, Sastrawan, dkk

mengintegrasikan temuan ke dalam aplikasi atau sistem berbasis R yang dirancang untuk mempermudah pengambilan keputusan spasial, seperti pemetaan wilayah rawan bencana, perencanaan tata ruang, atau manajemen sumber daya alam. Dengan menyediakan wawasan yang jelas dan terstruktur tentang kelebihan dan keterbatasan masing-masing paket, penelitian ini berpotensi memberikan dampak nyata dalam mendukung efisiensi analisis spasial yang relevan untuk kebutuhan masyarakat, seperti perencanaan kota yang lebih baik, mitigasi bencana, dan pelestarian lingkungan. Langkah berikutnya adalah melibatkan komunitas pengguna R dalam validasi dan pengembangan lebih lanjut untuk memastikan bahwa hasil penelitian dapat diadopsi secara luas dan memberikan manfaat berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bivand, R. (2006). Implementing Spatial Data Analysis Software Tools in R. *Geographical Analysis*, 38(1), 23–40. <https://doi.org/10.1111/j.0016-7363.2005.00672.x>
- Bivand, R. (2022). R Packages for Analyzing Spatial Data: A Comparative Case Study with Areal Data. *Geographical Analysis*, 54(3), 488–518. <https://doi.org/10.1111/gean.12319>
- Bivand, R. S., Pebesma, E., & Gómez-Rubio, V. (2013). *Applied Spatial Data Analysis with R*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7618-4>
- Brunsdon, C., & Comber, L. (2018). *An introduction to R for spatial analysis and mapping*.
- Chintya, N. P. P. (2018). Visualisasi Pola Kepadatan Penduduk di Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan Volunteer Geospatial Data. *Elipsoida: Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 1(02), 51–55. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2018.3446>
- Haining, R. P., & Haining, R. (1993). *Spatial data analysis in the social and environmental sciences*. Cambridge university press.
- Hengl, T., Van Loon, E., Sierdsema, H., & Bouten, W. (2008). Advancing Spatio-temporal Analysis of Ecological Data: Examples in R. In O. Gervasi, B. Murgante, A. Laganà, D. Taniar, Y. Mun, & M. L. Gavrilova (Eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2008* (Vol. 5072, pp. 692–707). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69839-5_51
- Hijmans, R. J. (2020). *terra: Spatial Data Analysis* (p. 1.7-78) [Dataset]. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.terra>
- Horton, N. J., & Kleinman, K. (2015). *Using R and RStudio for data management, statistical analysis, and graphics*. CRC Press.
- Jerrett, M., Gale, S., & Kontgis, C. (2010). Spatial modeling in environmental and public health research. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(4), 1302–1329.
- Kahle, D., & Wickham, H. (n.d.). *ggmap: Spatial Visualization with ggplot2*. 5.
- Kahle, D., & Wickham, H. (2013). ggmap: Spatial Visualization with ggplot2. *The R Journal*, 5(1), 144. <https://doi.org/10.32614/RJ-2013-014>
- Kaya, E., Agca, M., Adiguzel, F., & Cetin, M. (2019). Spatial data analysis with R programming for environment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(6), 1521–1530. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1470896>
- Lemenkova, P. (2020). Using R Packages' tmap', raster' and 'ggmap' for Dartographic Visualization: An Example of Dem-Based Terrain Modelling of Italy, Apennine Peninsula. *Zbornik Radova-Geografski Fakultet Univerziteta u Beogradu*, 68, 99–116.
- Lovelace, R., & Cheshire, J. (2014a). *Introduction to visualising spatial data in R*.
- Nguyen Tien, H., Nguyen Thi, H., & Koike, K. (2019). High versatility and potential of spatial data analysis with R programming. *Geoinformatics*, 30(1), 3–14. https://doi.org/10.6010/geoinformatics.30.1_3
- Oyana, T. J. (2020). *Spatial analysis with r: Statistics, visualization, and computational methods*. CRC press.
- Pebesma, E. (2018). Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal*, 10(1), 439. <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>
- R Core Team. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rajput, D. S., Thakur, R. S., & Basha, S. M. (Eds.). (2019). *Sentiment Analysis and Knowledge Discovery in Contemporary Business*: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-4999-4>
- South, A. (2011). rworldmap: A new R package for mapping global data. *The R Journal*, 3(1), 35. <https://doi.org/10.32614/RJ-2011-006>