

Investigasi Topik Riset Jasa Ekosistem dan Sistem Informasi Geografis Menggunakan Analisis Bibliometrik

**Rakhmat Jaya Lahay^{1*}, Fitryane Lihawa¹, Hasim¹, Dewi Wahyuni K. Baderan¹,
Marike Mahmud¹, Nurdin Mohamad¹**

¹*Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo 96128, Indonesia*

**Email: rjlahay@ung.ac.id*

Abstract

Ecosystems play a role in ensuring human survival on earth, in the form of ecosystem services in the form of food, air, water and energy. One technique for assessing ecosystem services is by utilizing geospatial information technology. This paper explores the development of research into the assessment of ecosystem services using geospatial information technology. The investigation method utilizes VOSviewer software and bibliographic data which can be accessed for free from 2000 to 2024. Descriptive analysis and simple text analysis were applied to explain the appearance of certain topics in scientific articles. This study shows that the amount of geospatial information technology research for ecosystem services assessment fluctuates with an upward trend during 2000-2024. This study found 491 scientific articles, which were related to the keywords ecosystem services and geographic information systems. This article is distributed in 95 international journals, most of which are indexed by Scopus Q1. The simultaneous appearance of the keywords ecosystem services and geographic information systems is dominant in the two Scopus Q1 journals, namely Ecological Indicator and Ecosystem Services. Referring to the journal coverage categories, the dominant main subjects appearing are Environmental Science, Agricultural and Biological Sciences, and Social Sciences. This research found 25 main keywords grouped into 5 clusters. The use of geospatial information technology (RS and GIS) for ecosystem service assessment was found in 101 articles. Implementation of this technology is in the form of models, tools, platforms, devices, software, techniques and spatial analysis. The use of sensing data in the form of LiDAR, PolSAR, Landsat, Modis and Sentinel for monitoring ecosystem services also appeared in 69 articles. The results of this research are expected to provide the latest knowledge for stakeholders who focus on assessing ecosystem services.

Keywords: *Ecosystem services, geographic information systems, remote sensing*

PENDAHULUAN

Interaksi dua komponen utama biotik dan abiotik di bumi membentuk sebuah sistem ekologi yang populer dikenal dengan istilah ekosistem. Dinamika hubungan dalam ekosistem ini menjadi penting karena jenis layanannya yang diberikan untuk mendukung kelangsungan makhluk hidup di bumi (Chen *et al.*, 2020). Wujud layanan ini dapat berupa sumber daya udara bersih, air bersih, makanan, energi, dan lain sebagainya yang diterima makhluk hidup di bumi. Lebih khusus bagi manusia, jasa ekosistem ini menjadi jembatan yang menghubungkan lingkungan dengan kesejahteraan manusia (Li *et al.*, 2023). Konsep jasa ekosistem pertama kali digunakan oleh Ehrlich & Mooney (1983) dan dipopulerkan oleh Perserikatan Bangsa-bangsa melalui program *Millennium Ecosystem Assessment* pada tahun 2000. Lebih lanjut dalam dokumen *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) jenis layanan dibagi dengan mengacu pada konsep produksi dan aliran jasa ekosistem. Klasifikasi jasa ekosistem terdiri dari empat bagian, yaitu penyediaan, pengaturan, pendukung, dan budaya. Keseimbangan dalam dinamika ekosistem ini sangat penting oleh karena itu harus terus dijaga dan dirawat agar bentuk layanan ini berkelanjutan.

Kajian literatur ilmiah tentang jasa ekosistem perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perkembangan penelitian dibidang ini. Beberapa studi global tentang topik ini telah dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan analisis bibliometrik. Sebagai contoh Wang *et al.*, (2021) telah melakukan tinjauan literatur ilmiah pada rentang 27 tahun terakhir tentang topik hubungan jasa ekosistem dan kesejahteraan manusia dalam skala global. Zhang *et al.*, (2019) melakukan studi tentang tren penelitian global mengenai jasa ekosistem dengan melibatkan literatur ilmiah yang paling banyak disitasi. Liu *et al.*, (2019) menggunakan metode bibliometrik untuk menganalisis artikel terkait jasa ekosistem pertanian yang diterbitkan antara tahun 2008 dan 2017. Visualisasi literatur menggunakan data bibliometrik akses terbuka, terkait topik penyediaan jasa ekosistem dikaji oleh Anand & Gupta (2020).

Tulisan ini melengkapi studi sebelumnya dengan hanya fokus pada pemetaan jasa ekosistem menggunakan teknologi informasi geospasial (sistem informasi geografis). Artikel-artikel ilmiah yang dieksplorasi berasal dari sumber data bibliometrik yang mudah diakses secara terbuka. Peta perkembangan riset terkait topik ini dapat dihasilkan dengan menggunakan salah satu metode kuantitatif yang disebut bibliometrik. Analisis bibliometrik menggunakan metadata dari dokumen ilmiah pada berbagai publikasi jurnal untuk mengetahui perkembangan publikasi penelitian, arah konsep keilmuan, dan mengetahui hubungan antarkonsep berdasarkan kata kunci (*co-occurrence*). Kajian ini bertujuan untuk memberikan andil pada pemikiran ilmiah tentang jasa ekosistem dan merujuk pada keterkaitan antarartikel dengan pertimbangan kata kunci yang digunakan. Tujuan spesifik dari kajian ini adalah menganalisis tren penelitian terkait topik jasa ekosistem dan sistem informasi geografis serta menganalisis alat teknologi geospasial yang digunakan dalam literatur ilmiah.

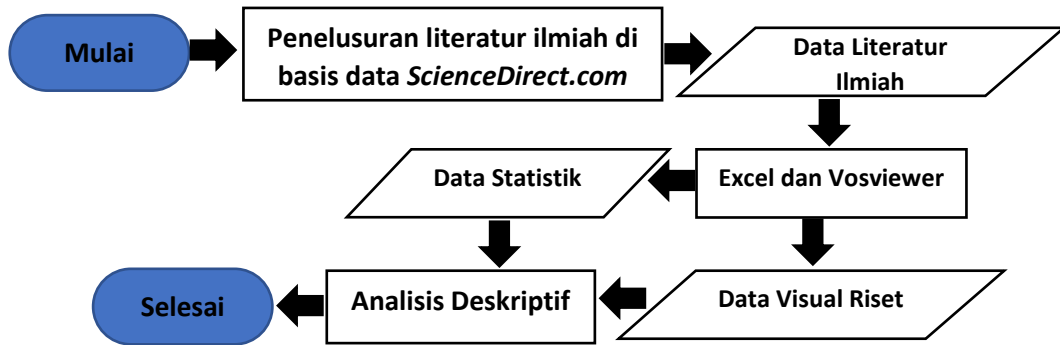
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif deskriptif yang dikenal dengan bibliometrik. Alur proses penelusuran, pengolahan dan analisis data ditampilkan pada Gambar 1.

Tahap Pengumpulan Data

Gambar 1 menampilkan diagram alur pengumpulan, pengolahan dan analisis data yang dimulai dari penelusuran literatur. Setelah melakukan pencarian dengan kata kunci dan batasan yang disesuaikan dengan kebutuhan, diperoleh sejumlah artikel ilmiah dari basis data *sciencedirect*. Adapun jenis data yang digunakan pada kajian ini ditampilkan pada Tabel 1. Penelusuran dan pengumpulan data dilakukan melalui perangkat lunak web dengan alamat situs <https://www.sciencedirect.com/> pada

tanggal 17 Maret 2024 mengenai topik jasa ekosistem (*ecosystem services*) dan Sistem Informasi Geografis (GIS) sebagai kata yang ditulis di kolom penelusuran judul, abstrak, dan kata kunci.



Gambar 1. Alur Pengumpulan dan Pengolahan Data.

Tabel 1. Karakteristik Data Literatur Ilmiah

Data	Keterangan
Sumber	basis data <i>ScienceDirect.com</i>
Kata kunci	“ <i>ecosystem services</i> ” AND “ <i>gis</i> ”
Tahun	2000 – 2024
Tipe publikasi	artikel
Bahasa	Inggris

Tahap Visualisasi Data

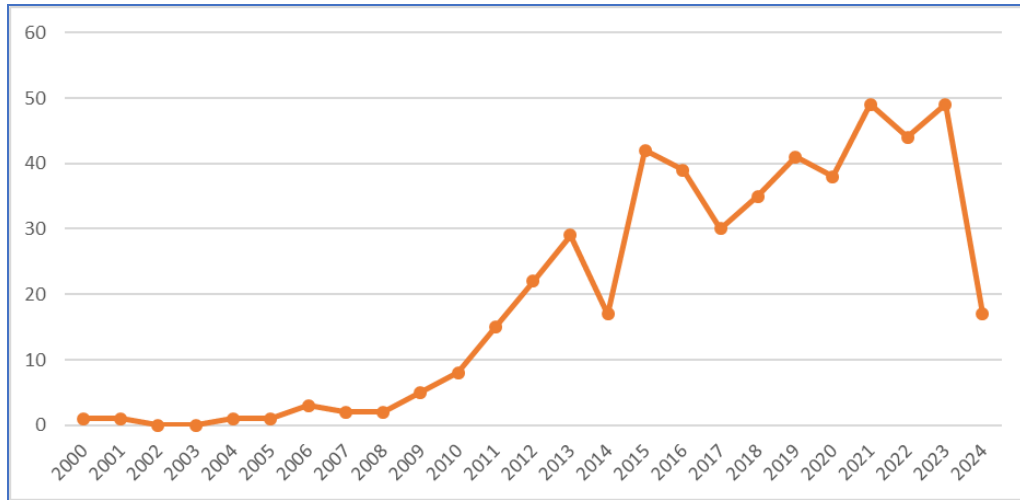
Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan alat bantu bibliometrik yaitu VOSviewer. Perangkat ini dipilih karena memiliki kemampuan untuk mengolah dan menyajikan hubungan antarkonsep yang terdapat pada sejumlah tulisan ilmiah (Leiden University, 2024). Pada kajian ini, tipe data yang dipilih adalah tipe data bibliografik dengan sumber data berasal dari berkas manajer referensi (format RIS file). Tipe analisis yang digunakan adalah *co-occurrence* dengan unit analisis adalah *keywords* dan *full counting method*. Beberapa kata kunci yang maknanya sama diperbaiki menggunakan *thesaurus file*. Jumlah minimum dokumen per item yang dipilih adalah 5, sehingga menghasilkan ambang batas *co-occurrence* adalah 32 kata kunci. Selanjutnya, data statistik meliputi jumlah artikel per tahun, per nama jurnal penerbit, dan dan per subjek bidang kajian, diolah dengan perangkat lunak Excel. Bentuk visualisasi data ini menggunakan grafik garis dan batang untuk menampilkan secara visual jumlah artikel dan jurnal publikasi dibidang jasa ekosistem. Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan status terkini dan tren penelitian penilaian jasa ekosistem dengan teknologi informasi geospasial selama tahun 2000 sampai 2024.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tren Topik Jasa Ekosistem

Jumlah artikel ilmiah yang diperoleh dari hasil penelusuran dan pengumpulan data adalah sebanyak 491 artikel dalam rentang waktu 2000-2024. Ketentuan dalam mencari artikel ilmiah mengacu pada ketentuan sebagaimana ditampilkan Tabel 1. Dokumen ini menjadi dasar untuk pengolahan dan analisis deskriptif. Artikel penelitian terkait topik riset ditampilkan pada web *sciencedirect* dan diurut mulai dari yang paling relevan dengan kata kunci yang ditentukan.

Keseluruhan artikel diunduh dan disimpan dalam format file RIS. Detail jumlah artikel setiap tahun ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Jumlah artikel dalam rentang tahun 2000-2024.

Dengan merujuk pada tahun publikasi, terdapat satu artikel yang diterbitkan paling tua, tahun 2000 pada jurnal *Aquatic Ecosystem Health and Management*. Analisis tren menunjukkan bahwa jumlah artikel berfluktuasi dengan kecenderungan naik, dimulai tahun 2009 sampai dengan tahun 2023. Terdapat 95 jurnal internasional yang melakukan publikasi dengan topik riset terkait kata kunci *ecosystem services* dan *GIS*. Jurnal-jurnal ini sebagian besar adalah jurnal terindeks scopus Q1. Kemunculan kata kunci secara bersamaan pada jurnal *Ecological Indicator* dan *Ecosystem Services* adalah yang paling dominan. Dengan kata lain bahwa kedua jurnal ini merupakan jurnal yang paling banyak mempublikasi artikel terkait dengan topik kata kunci *ecosystem services* dan *gis*. Adapun daftar 10 jurnal yang mempublikasi artikel-artikel terkait dengan kata kunci tersebut ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar 10 Jurnal Internasional Terindeks Q1 Scopus dan Jumlah Artikel

Nama Jurnal	Jumlah Artikel
<i>Ecological Indicators</i>	64
<i>Ecosystem Services</i>	43
<i>Landscape and Urban Planning</i>	31
<i>Science of The Total Environment</i>	29
<i>Journal of Environmental Management</i>	25
<i>Urban Forestry & Urban Greening</i>	22
<i>Land Use Policy</i>	21
<i>Applied Geography</i>	18
<i>Ecological Economics</i>	17
<i>Ocean & Coastal Management</i>	12

Dari 95 jurnal, terdapat 10 subjek yang menjadi bidang kajian setiap jurnal. Adapun 10 subjek teratas adalah: *Environmental Science, Agricultural and Biological Sciences, Social Sciences, Earth and Planetary Sciences, Energy, Engineering, Economics, Econometrics and Finance, Computer Science, Veterinary Science and Veterinary Medicine, Business, Management and Accounting*. Tiga

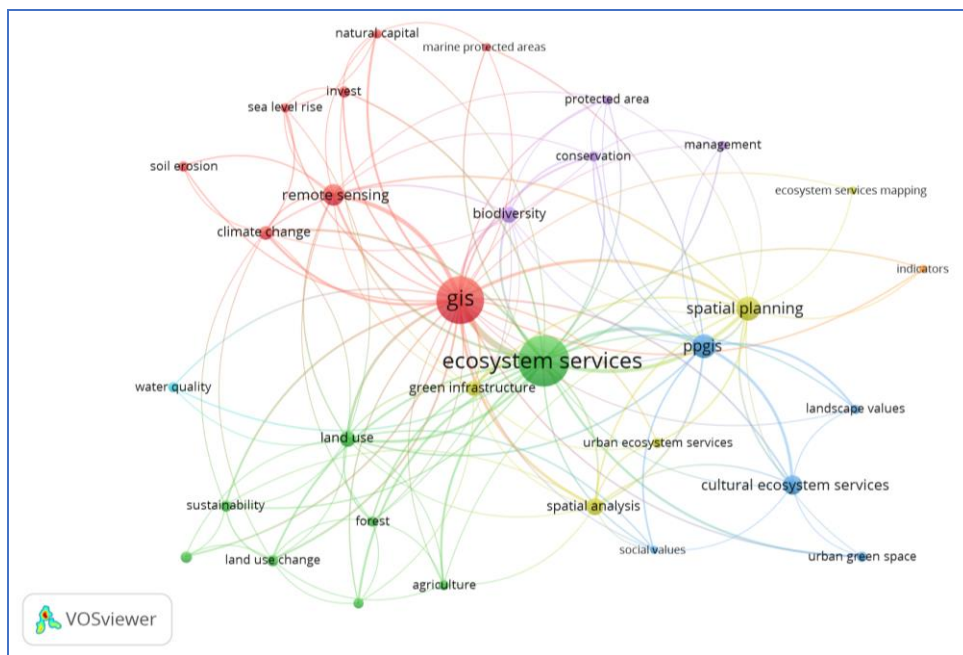
subjek utama ditemukan paling banyak artikel yang terkait dengan pilihan topik adalah *Environmental Science, Agricultural and Biological Sciences, dan Social Sciences*. Jumlah artikel per subjek ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Artikel per Subjek

No.	Subjek	Jumlah artikel
1.	<i>Environmental Science</i>	382
2.	<i>Agricultural and Biological Sciences</i>	271
3.	<i>Social Sciences</i>	146
4.	<i>Earth and Planetary Sciences</i>	64
5.	<i>Energy</i>	47
6.	<i>Engineering</i>	23
7.	<i>Economics, Econometrics and Finance</i>	19
8.	<i>Computer Science</i>	15
9.	<i>Veterinary Science and Veterinary Medicine</i>	9
10.	<i>Business, Management and Accounting</i>	4

Visualisasi Topik Riset

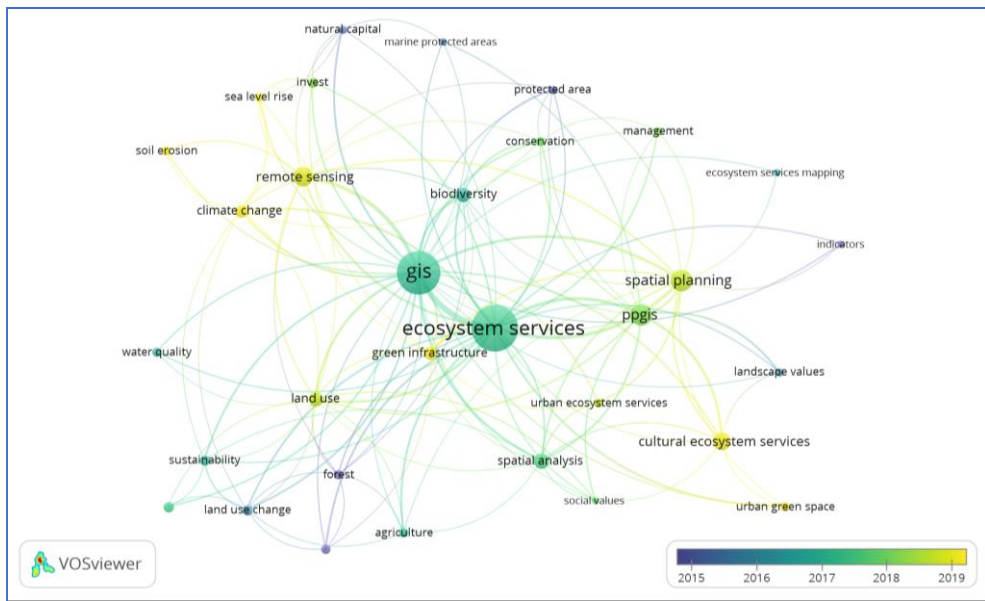
VOSviewer merupakan perangkat lunak gratis untuk mengembangkan dan memvisualisasikan peta riset berdasarkan data bibliografi. Merujuk pada pengolahan data literatur ilmiah menggunakan perangkat lunak VOSviewer, diperoleh tiga jenis visualisasi topik riset yaitu *network, overlay, dan density visualization* (Eck & Waltman, 2020). Ketiga visualisasi topik riset ditampilkan pada Gambar 3, 4 dan 5. Gambar 3 menunjukkan visualisasi jaringan *co-occurrence* dimana setiap bundaran mewakili istilah tertentu. Skala bundaran ditentukan oleh jumlah artikel yang mengandung istilah dalam judul, abstrak, dan kata kunci. Penelitian menunjukkan terdapat 32 istilah yang dibagi dalam 5 kelompok (*clusters*) dimana setiap kelompok diwakili oleh satu warna, seperti ditampilkan pada Tabel 4. Istilah ini tersebar pada 491 artikel ilmiah selama kurun waktu 25 tahun dari 2000 sampai dengan 2024.



Gambar 3. Tampilan Kelompok Kata Kunci *co-occurrence* pada VOSviewer.

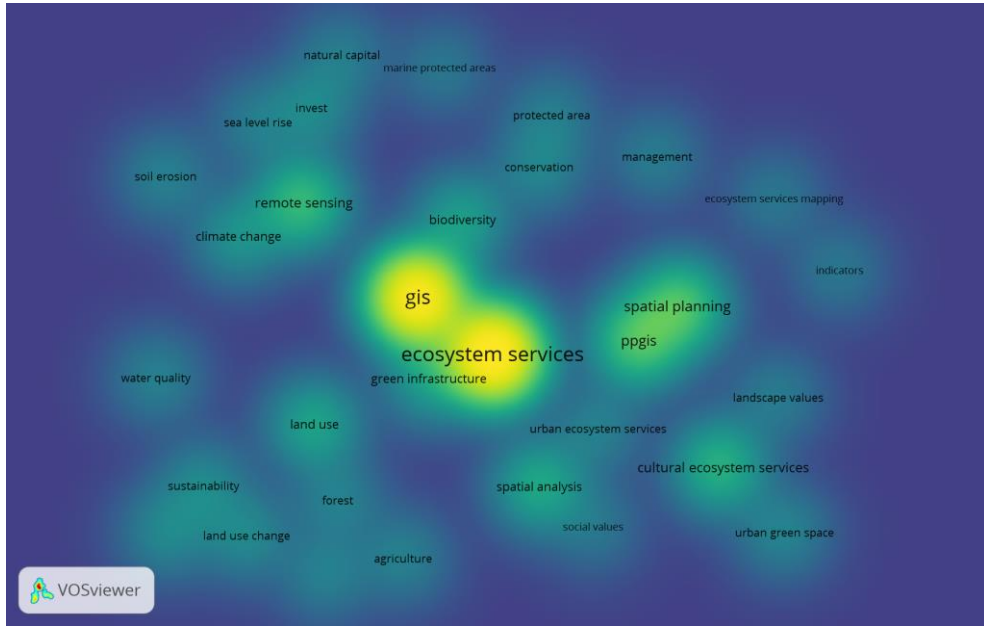
Tabel 4. Klaster dan Kata Kunci

Warna	Klaster	Kata kunci
Merah	1	<i>Climate change, gis, invest, marine protected area, natural capital, remote sensing, sea level rise, soil erosion</i>
Hijau	2	<i>Agriculture, economic valuation, ecosystem services, forest, land use, land use change, sustainability, urbanization</i>
Biru	3	<i>Cultural ecosystem services, landscape values, ppgis, social value, urban green space</i>
Kuning	4	<i>Ecosystem services mapping, green infrastructure, spatial analysis, spatial planning, urban ecosystem services</i>
Ungu	5	<i>Biodiversity, conservation, management, protected area</i>



Gambar 4. Overlay Visualization.

Gambar 4 menunjukkan peta histori penelitian selama 2015-2019 yang ditampilkan dengan gradasi warna dari biru, hijau, kuning. Warna biru merepresentasikan penelitian pada tahun tertua sedangkan warna kuning mewakili penelitian tahun muda/ terakhir. Tampilan ini membantu pemahaman tentang topik penelitian yang sedang hangat dibahas pada tahun sekarang atau sebaliknya. Berdasarkan Gambar 3 beberapa simpul istilah yang terbaru terkait *ecosystem services* dan *gis* adalah *landuse*, *remote sensing*, *climate change*, *cultural ecosystem services*.



Gambar 5. Density Visualization.

Gambar 5 menggambarkan tingkat kerapatan setiap istilah yang saling berkaitan. Tampilan ini menunjukkan bahwa setiap hotspot memiliki warna sebagai representasi kepadatan hotspot tersebut. Gradasi warna kuning terang memiliki makna kerapatan tinggi dari hotspot lainnya, dan warna biru muda mewakili wilayah yang kurang rapat. Gradasi warna ditentukan oleh seberapa banyak suatu istilah lainnya berada dekat dengan istilah lain. Hotspot *ppgis* dan *spatial planning* memiliki warna yang agak terang dibanding dengan hospot *spatial analysis*. Visualisasi ini dapat menjadi informasi bagi peneliti lain untuk memilih topik kajiannya terkait dengan jasa ekosistem dan sig.

Teknologi Informasi Geospasial sebagai Alat Penilaian Jasa Ekosistem

Teknologi informasi geospasial berupa penginderaan jauh (*remote sensing*) dan sistem informasi geografis (GIS) dapat digunakan dalam penilaian jasa ekosistem (Rutebuka *et al.*, 2019). Hasil analisis teks menunjukkan beberapa istilah terkait dengan teknologi informasi geospasial yang digunakan dalam artikel ilmiah. Tiga istilah utama ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kemunculan Kata Kunci Teknologi Informasi Geospasial

No.	Istilah	Jumlah artikel
1.	<i>Remote sensing</i>	69
2.	<i>Geographic information systems</i>	101
3.	<i>Public participation gis</i>	47

Kemunculan kata kunci *geographic information system* ditemukan pada 101 artikel dengan berbagai konteks yaitu model (Mellino *et al.*, 2015), alat, platform, perangkat, *software*, teknik (Wang *et al.*, 2012; Estoque & Murayama, 2015), dan analisis (Labiosa *et al.*, 2013; Felardo & Lippitt, 2016). Teknologi GIS pada beberapa artikel dapat dikombinasikan dengan perangkat lainnya seperti perangkat *R-language* (Kuang *et al.*, 2020), dan *Minecraft* (Anderson *et al.*, 2018). Selain itu jenis platform GIS dapat berupa aplikasi desktop (QGIS) dan web (*Google Earth Engine*). Jenis data yang digunakan dalam analisis spasial terdiri dari dua bentuk yaitu raster dan vektor. Data raster bersumber dari teknologi penginderaan jauh baik sistem pasif maupun aktif. Terdapat beberapa jenis data penginderaan jauh yang digunakan dalam artikel yang tergolong sistem aktif yaitu PolSAR (Kumar *et al.*, 2017), data model elevasi digital (Zhu *et al.*, 2019), LiDAR (Hanssen *et al.*, 2021). Data

penginderaan jauh sistem pasif berupa landsat (Baidoo & Obeng, 2023), modis (Sosnowski *et al.*, 2016), dan sentinel (Vaz *et al.*, 2019). Pada pemetaan jasa ekosistem diperlukan keterlibatan publik dalam mengumpulkan data dan informasi layanan ekosistem. Bentuk pengumpulan data dengan melibatkan partisipasi publik dikenal dengan konsep *Public Participation GIS* (PPGIS) (Loc *et al.*, 2021). Partisipasi ini memiliki nilai sosial yang terhubung dengan jasa ekosistem (Sherrouse *et al.*, 2022) dan bentuk pemberdayaan masyarakat lokal (Eurisy, 2021). Teknik ini menjadi berbeda dengan cara konvensional yang menggunakan data spasial sebagai data masukan ke dalam perangkat GIS, sebagaimana yang dilakukan selama ini. Kerangka kerja PPGIS dapat menjadi alternatif dalam menilai jasa ekosistem disamping metode penilaian lainnya. Keterlibatan pengetahuan pemangku kepentingan atau masyarakat menjadi penting untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan tata ruang wilayah (Garcia *et al.*, 2018).

KESIMPULAN

Sumber data bibliometrik yang diperoleh dari akses terbuka sangat membantu dalam memetakan riset jasa ekosistem dan sistem informasi geografis. Hasil analisis bibliometrik diperoleh 32 istilah kunci yang membentuk jaringan, histori, dan kedekatan sebagai representasi dari hubungan konsep. Tren penelitian terkait topik jasa ekosistem dan sistem informasi geografis menunjukkan kenaikan selama 25 tahun. Implementasi teknologi geospasial untuk penilaian jasa ekosistem yang digunakan dalam literatur ilmiah berupa alat, model, teknik dan analisis.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand, S., and Gupta, S., 2020. *Provisioning Ecosystem Services: Multitier Bibliometric Analysis and Visualisation*. *Environmental and Sustainability Indicators*. 8. 100081. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100081>.
- Anderson, K., Hancock, S., Casalegno, S., Griffiths, A., Griffiths, D., Sargent, F., McCallum, J., Cox, D. T. C., and Gaston, K. J., 2018. *Visualising the Urban Green Volume: Exploring Lidar Voxels with Tangible Technologies and Virtual Models*. *Landscape and Urban Planning*. 178: 248–260. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.024>.
- Baidoo, R., and Obeng, K., 2023. *Evaluating The Impact of Land Use And Land Cover Changes on Forest Ecosystem Service Values Using Landsat Dataset In The Atwima Nwabiagya North, Ghana*. *Heliyon*. 9(11). DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21736>.
- Chen, W., Geng, Y., Zhong, S., Zhuang, M., and Pan, H., 2020. *A Bibliometric Analysis of Ecosystem Services Evaluation From 1997 to 2016*. *Environmental Science and Pollution Research*. 27(19), 23503–23513. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08760-x>
- Eck, N. J. V., and Waltman, L., 2020. *VOSviewer Manual*. January. Leiden University's Centre.
- Ehrlich, P. R., and Mooney, H. A., 1983. *Extinction, Substitution, and Ecosystem Services*. *BioScience*. 33(4): 248–254. DOI: <https://doi.org/10.2307/1309037>.
- Estoque, R. C., and Murayama, Y., 2015. *Intensity and Spatial Pattern of Urban Land Changes in The Megacities of Southeast Asia*. *Land Use Policy*. 48: 213–222. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.017>.
- Eurisy. 2021. *Public Participation Geographic Information Systems: Using Mapping to Empower Local Communities*. <https://www.eurisy.eu/public-participation-geographic-information-systems/>
- Felardo, J., and Lippitt, C. D., 2016. *Spatial Forest Valuation: The Role of Location In Determining Attitudes Toward Payment For Ecosystem Services Policies*. *Forest Policy and Economics*. 62: 158–167. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forpol.2015.10.004>.
- Garcia, X., Benages-Albert, M., and Vall-Casas, P., 2018. *Landscape Conflict Assessment based on A Mixed Methods Analysis of Qualitative PPGIS Data*. *Ecosystem Services*. 32: 112–124. DOI:

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.07.003>.
- Hanssen, F., Barton, D. N., Venter, Z. S., Nowell, M. S., and Cimburova, Z., 2021. *Utilizing LiDAR Data to Map Tree Canopy for Urban Ecosystem Extent and Condition Accounts in Oslo*. *Ecological Indicators*. 130. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108007>.
- Kuang, Y., Peng, Y., and Sang, W., 2020. *Spatial-Temporal Effects of Regional Ecosystem Services based on RS and GIS-Taking Xiangxi Tujia-Miao Autonomous Region for Example*. *International Journal of Geoheritage and Parks*. 8(1): 48–58. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2020.03.001>.
- Kumar, S., Khati, U. G., Chandola, S., Agrawal, S., and Kushwaha, S. P. S., 2017. *Polarimetric SAR Interferometry based Modeling for Tree Height and Aboveground Biomass Retrieval in A Tropical Deciduous Forest*. *Advances in Space Research*. 60(3): 571–586. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asr.2017.04.018>.
- Labiosa, W. B., Forney, W. M., Esnard, A.-M., Mitsova-Boneva, D., Bernknopf, R., Hearn, P., Hogan, D., Pearlstine, L., Strong, D., Gladwin, H., and Swain, E., 2013. *An Integrated Multi-Criteria Scenario Evaluation Web Tool for Participatory Land-Use Planning in Urbanized Areas: The Ecosystem Portfolio Model*. *Environmental Modelling & Software*. 41: 210–222. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.10.012>.
- Leiden University. 2024. *VOSviewer*. Centre for Science and Technology Studies, Leiden University. <https://www.vosviewer.com/>.
- Li, X., Gong, S., Shi, Q., and Fang, Y., 2023. *A Review of Ecosystem Services Based on Bibliometric Analysis: Progress, Challenges, and Future Directions*. *Sustainability*. 15(23). DOI: <https://doi.org/10.3390/su152316277>.
- Liu, W., Wang, J., Li, C., Chen, B., and Sun, Y., 2019. *Using Bibliometric Analysis to Understand the Recent Progress in Agroecosystem Services Research*. *Ecological Economics*. 156: 293–305. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.001>.
- Loc, H. H., Park, E., Thu, T. N., Diep, N. T. H., and Can, N. T., 2021. *An Enhanced Analytical Framework of Participatory GIS for Ecosystem Services Assessment Applied to a Ramsar Wetland Site in the Vietnam Mekong Delta*. *Ecosystem Services* 48. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101245>.
- Mellino, S., Buonocore, E., and Ulgiati, S., 2015. *The Worth of Land Use: A GIS–Emergy Evaluation of Natural and Human-Made Capital*. *Science of The Total Environment*. 506–507: 137–148. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.085>.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. In *Island Press*. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Rutebuka, E., Olorunnisola, A. O., Taiwo, O. J., Mwaru, F., Asamoah, E. F., and Rukundo, E., 2019. *Quantitative Review of Ecosystem Services and Disservices Studies in the Tropics*. *Open Journal of Ecology*. 9(4): 85–106. <https://doi.org/10.4236/oje.2019.94008>.
- Sherrouse, B. C., Semmens, D. J., and Ancona, Z. H., 2022. *Social Values for Ecosystem Services (SolVES): Open-source Spatial Modeling of Cultural Services*. *Environmental Modelling & Software*. 148. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105259>.
- Sosnowski, A., Ghoneim, E., Burke, J. J., Hines, E., and Halls, J., 2016. *Remote Regions, Remote Data: A Spatial Investigation of Precipitation, Dynamic Land Covers, and Conflict in The Sudd Wetland Of South Sudan*. *Applied Geography*. 69: 51–64. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.02.007>.
- Vaz, A. S., Gonçalves, J. F., Pereira, P., Santarém, F., Vicente, J. R., and Honrado, J. P., 2019. *Earth Observation and Social Media: Evaluating The Spatiotemporal Contribution of Non-Native Trees to Cultural Ecosystem Services*. *Remote Sensing of Environment*. 230. DOI:

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.05.012>.
- Wang, B., Zhang, Q., and Cui, F., 2021. *Scientific Research on Ecosystem Services and Human Well-Being: A Bibliometric Analysis*. *Ecological Indicators*. 125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107449>.
- Wang, S.-H., Huang, S.-L., and Budd, W. W., 2012. *Resilience Analysis of The Interaction of Between Typhoons and Land Use Change*. *Landscape and Urban Planning*. 106(4): 303–315. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.04.002>.
- Zhang, X., Estoque, R. C., Xie, H., Murayama, Y., and Ranagalage, M., 2019. *Bibliometric Analysis of Highly Cited Articles on Ecosystem Services*. *PLoS ONE*. 14(2): 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210707>.
- Zhu, M., He, W., Zhang, Q., Xiong, Y., Tan, S., and He, H., 2019. *Spatial and Temporal Characteristics of Soil Conservation Service in The Area of The Upper and Middle of the Yellow River, China*. *Heliyon*. 5(12). DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02985>.