

## **Analisis Bibliometrik Perkembangan Penelitian Intrusi Air Laut: Tren dan Pertumbuhan (1972-2023)**

**Adam Raka Ekasara<sup>\*1)</sup>, Daniel Radityo<sup>1)</sup>, Thema Arrisaldi<sup>1)</sup>, Hasan Tri Atmojo<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta  
Jl.Padjajaran (Ringroad Utara) No.104 Condongcatur, Sleman, Yogyakarta 55283

\*adamraka@upnyk.ac.id

**Abstrak** – Intrusi air laut merupakan fenomena geologis yang memiliki implikasi signifikan terhadap wilayah pesisir dan sumber daya air tanah. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis bibliometrik tentang penelitian intrusi air laut dan mengungkapkan tren dan temuan penting dalam literatur ilmiah yang terkait. Metodologi penelitian mencakup pengumpulan data hingga analisis dan interpretasi. Data diperoleh melalui identifikasi dan pengumpulan artikel dari sumber data, seperti jurnal ilmiah dan prosiding dengan menggunakan database Scopus. Kriteria seleksi yang jelas diterapkan untuk memilih artikel yang relevan, termasuk pembatasan jenis publikasi, bahasa, dan kriteria topik. Analisis bibliometrik dilakukan dengan menggunakan aplikasi Bibliometrix berbasis R, yang melibatkan analisis jumlah publikasi per tahun, produktivitas penulis, jurnal yang paling sering mempublikasikan penelitian, serta analisis kata kunci dan sitasi. Hasil analisis mengungkapkan pertumbuhan yang signifikan dalam penelitian intrusi air laut selama periode tertentu, dengan tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 11,03%. Hasil analisis mengidentifikasi empat kelompok tema yang relevan untuk arah penelitian dan kolaborasi dalam bidang ini.

**Kata Kunci:** Intrusi air laut, Analisis bibliometrik, Tren penelitian

**Abstract** – *Seawater Intrusion is a geological phenomenon with significant implications for coastal regions and groundwater resources. This research aims to conduct a bibliometric analysis of seawater intrusion research and unveil key trends and findings within the relevant academic literature. The research methodology encompasses data collection, analysis, and interpretation. Data is gathered through the identification and collection of articles from sources such as scientific journals and proceedings using the Scopus database. Clear selection criteria are applied to choose pertinent articles, including constraints on publication type, language, and topic criteria. The bibliometric analysis is executed employing the Bibliometrix application based on the R platform. This analysis encompasses the examination of the number of publications per year, author productivity, the most prolific journals in publishing research in this domain, as well as the analysis of keywords and citations. The results of this analysis disclose a substantial growth in seawater intrusion research during a specific period, with an annual growth rate of 11.03%. Furthermore, the analysis identifies four distinct thematic groups that are pertinent to the research direction and collaboration within this field.*

**Keywords:** *Seawater Intrusion, Bibliometric Analysis, Research Trends*

### **PENDAHULUAN**

Air laut adalah salah satu aset alam yang paling berharga dan esensial bagi kehidupan manusia, tetapi peningkatan intrusi air laut ke wilayah daratan merupakan ancaman serius bagi berbagai aspek lingkungan dan sosial. Intrusi air laut, yang terjadi ketika air laut menggantikan air tanah tawar di wilayah pesisir, dapat memiliki dampak yang merugikan seperti kerusakan ekosistem, kehilangan lahan pertanian, dan gangguan terhadap pasokan air bersih.

Dalam upaya untuk memahami dan mengatasi intrusi air laut, banyak penelitian ilmiah telah dilakukan di berbagai belahan dunia. Analisis bibliometrik adalah sebuah pendekatan penting yang dapat membantu untuk memahami perkembangan, tren, dan fokus penelitian dalam topik ini.

Penelitian intrusi air laut telah menjadi subjek yang semakin penting dalam literatur ilmiah, mengingat eskalasi masalah ini di banyak wilayah pesisir dunia. Oleh karena itu, artikel jurnal ini bertujuan untuk melakukan analisis bibliometrik terhadap penelitian-penelitian yang telah dilakukan dalam konteks intrusi air laut. Analisis bibliometrik semacam ini

dapat memberikan pandangan yang mendalam tentang bagaimana masyarakat ilmiah merespons tantangan intrusi air laut dan dapat membantu mengarahkan penelitian dan kebijakan lebih lanjut dalam upaya mitigasi dan adaptasi.

## METODE

Dalam rangka melakukan analisis bibliometrik tentang penelitian intrusi air laut, serangkaian langkah metodologis dilakukan sebagaimana berikut:

**Pengumpulan Data:** Identifikasi dan pengumpulan sumber data yang mencakup jurnal ilmiah, dan prosiding yang memiliki relevansi dengan penelitian intrusi air laut menggunakan database ilmiah pada Scopus. Kriteria seleksi yang jelas ditetapkan untuk memilih artikel-artikel yang akan dimasukkan dalam analisis. Kriteria seleksi ini melibatkan pembatasan berdasarkan jenis publikasi, bahasa, serta relevansi dengan topik intrusi air laut. Kata kunci pencarian menggunakan operator boolean dengan formula sebagai berikut:

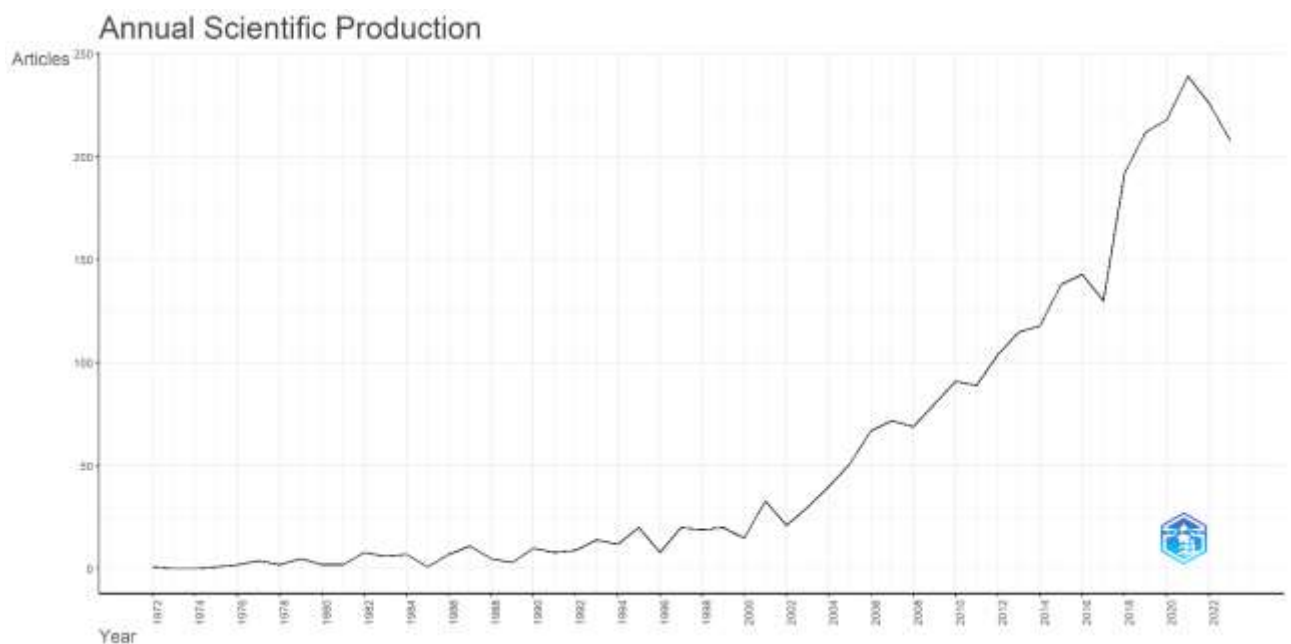
```
[TITLE-ABS-KEY ( ( groundwater* OR hydrogeolog* ) AND seawater AND intrusion ) AND PUBYEAR > 1971 AND PUBYEAR < 2024 AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "cp" ) )]
```

**Visualisasi dan Analisis Data:** Analisis bibliometrik menggunakan aplikasi Bibliometrix yang memakai aplikasi R sebagai alat konversi data. Analisis meliputi jumlah publikasi per tahun yang terkait dengan intrusi air laut, analisis produktivitas penulis dalam bidang ini, identifikasi jurnal yang paling sering mempublikasikan penelitian seputar intrusi air laut, analisis kata kunci yang sering digunakan dalam artikel-artikel tersebut, serta analisis sitasi untuk mengidentifikasi artikel yang sering dikutip dalam literatur tersebut. Hasil analisis bibliometrik diinterpretasikan untuk mengidentifikasi tren dan temuan penting.

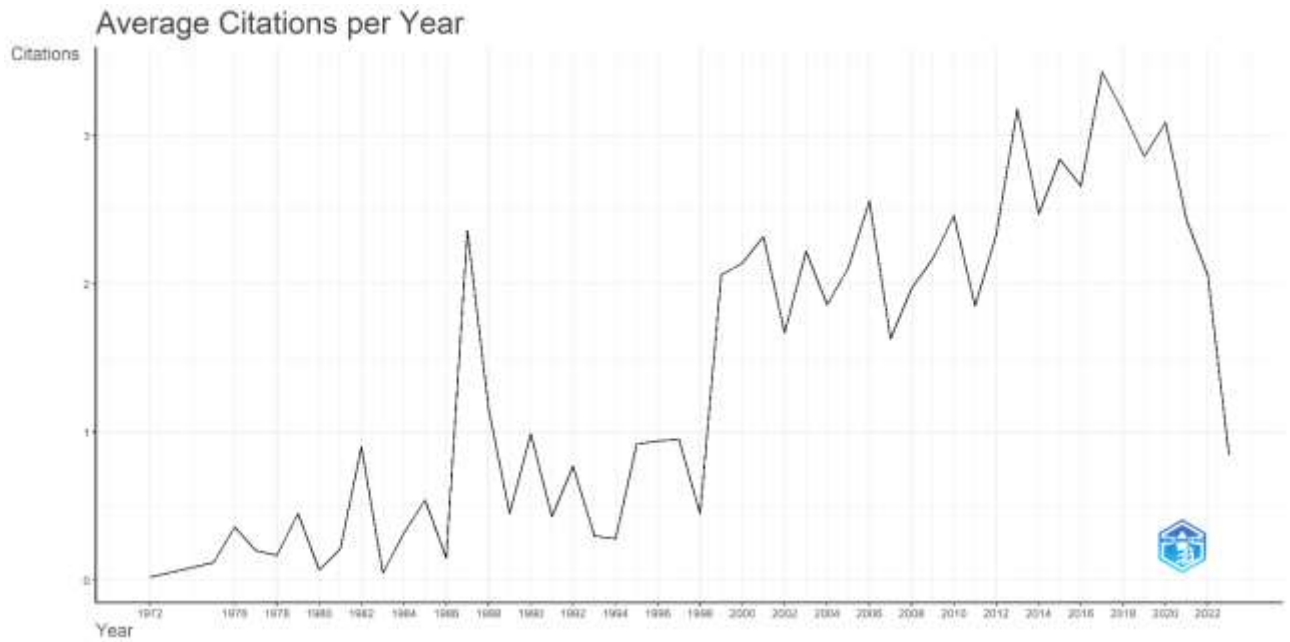
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Informasi Umum

Dalam rentang waktu dari tahun 1972 hingga 2023 terdapat 2.908 dokumen terkait dengan penelitian intrusi air laut. Rentang waktu yang luas ini memungkinkan untuk meninjau perkembangan penelitian selama beberapa dekade. Gambar 1 menunjukkan tren pertumbuhan yang signifikan dalam penelitian intrusi air laut. Pada awal periode penelitian, jumlah artikel yang diterbitkan relatif rendah, tetapi mengalami peningkatan yang cukup tajam sejak tahun 1980-an. Terlihat bahwa peningkatan yang paling drastis terjadi di awal abad ke-21, dengan jumlah artikel yang diterbitkan mencapai puncaknya pada tahun 2021. Adapun rata-rata kutipan, hal ini mencerminkan minat yang meningkat dalam penelitian intrusi air laut dan kesadaran akan pentingnya fenomena ini dalam konteks perubahan iklim dan dampaknya terhadap wilayah pesisir. Setiap dokumen dalam literatur ini memiliki rata-rata 20,79 kutipan (Gambar 2). Ini menunjukkan bahwa penelitian dalam topik ini telah mendapatkan perhatian luas dan pengakuan dari komunitas ilmiah.

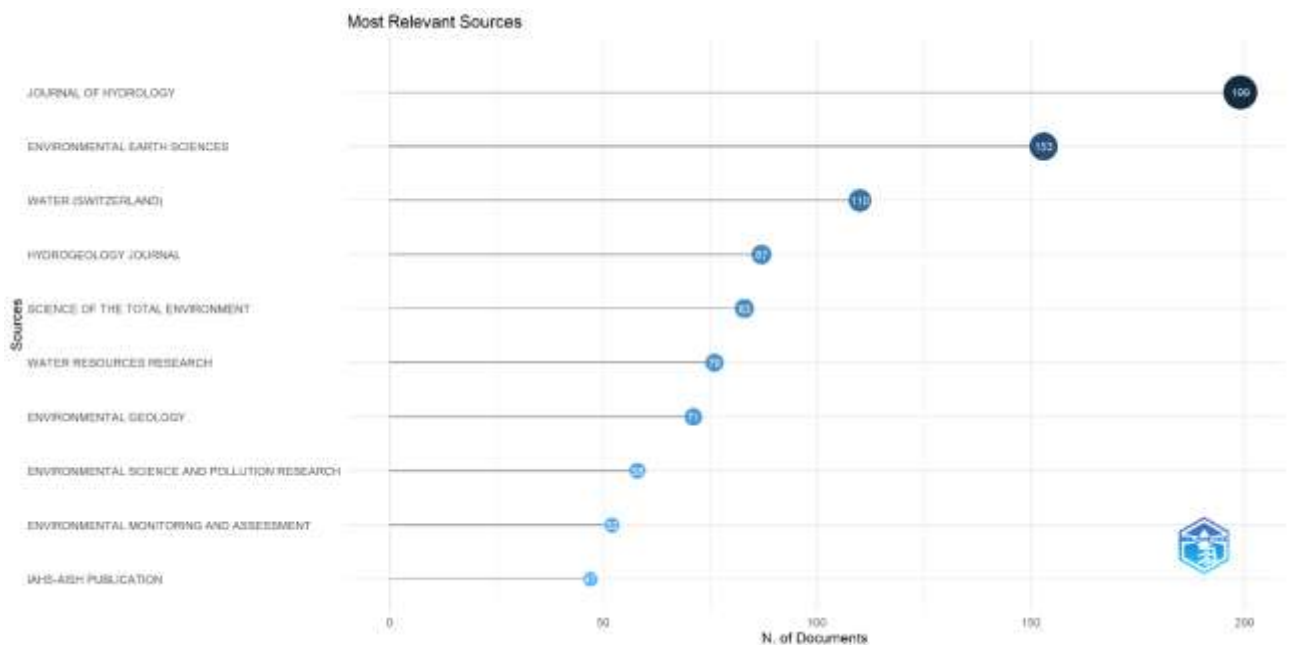


Gambar 1. Produksi Artikel Tahunan



Gambar 2. Kutipan Rata-rata Tahunan

Mayoritas dokumen dalam analisis ini adalah jurnal ilmiah sebanyak 2.523 dokumen, dan 385 dokumen lainnya adalah makalah prosiding konferensi. Hal ini mencerminkan dominasi jurnal ilmiah dalam publikasi mengenai intrusi air laut yang berasal dari 678 sumber yang berbeda. Data ini mencerminkan keragaman sumber-sumber yang digunakan oleh para peneliti dalam menyebarkan hasil penelitian mereka. Tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 11,03%, memperlihatkan bahwa penelitian tentang intrusi air laut mengalami perkembangan yang signifikan di sepanjang periode. Beberapa sumber jurnal tercatat menghasilkan publikasi paling banyak terkait dengan intrusi air laut (Gambar 3).

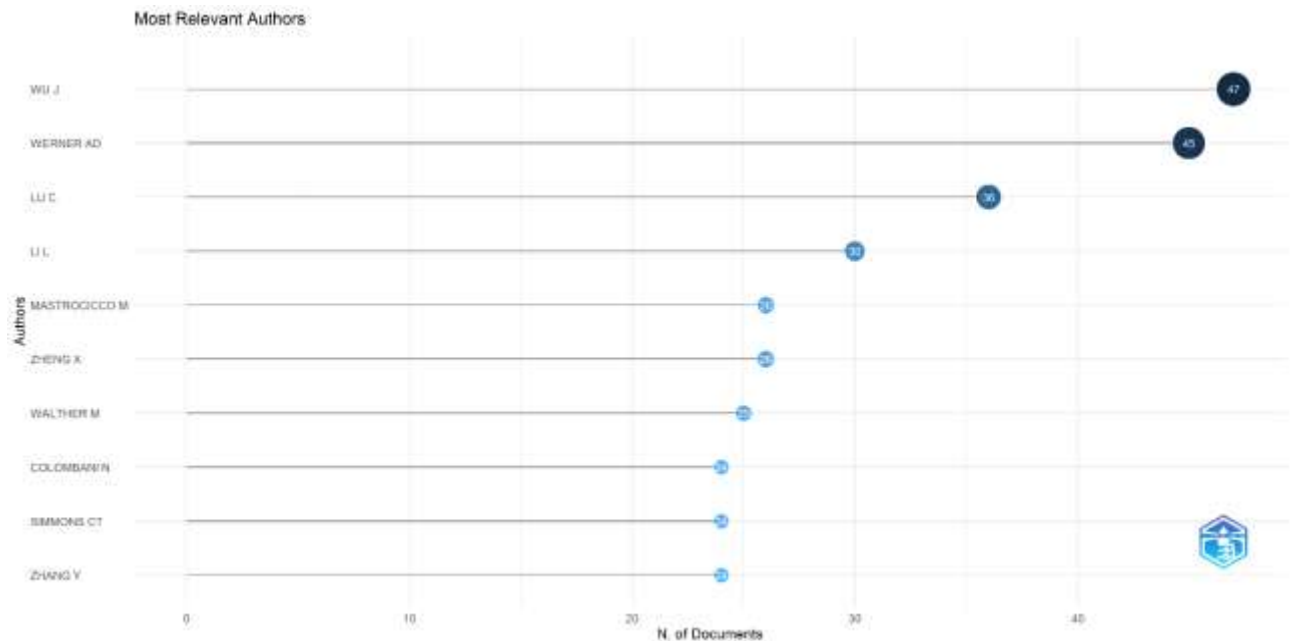


Gambar 3. Sumber Publikasi

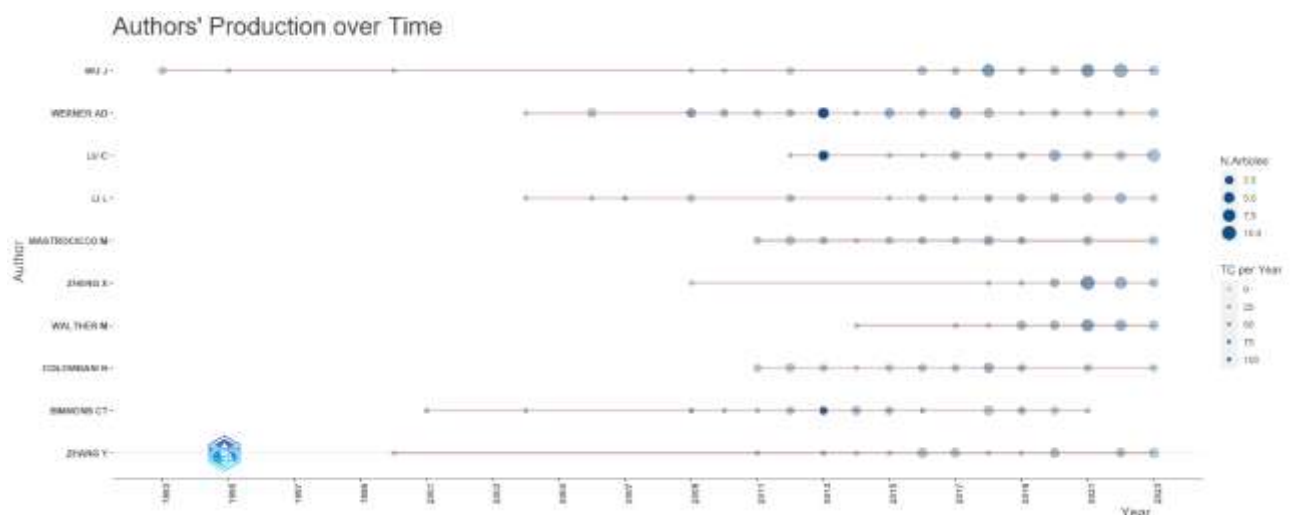
## Penulis dan Afiliasi

### Rata-rata Kutipan per Dokumen

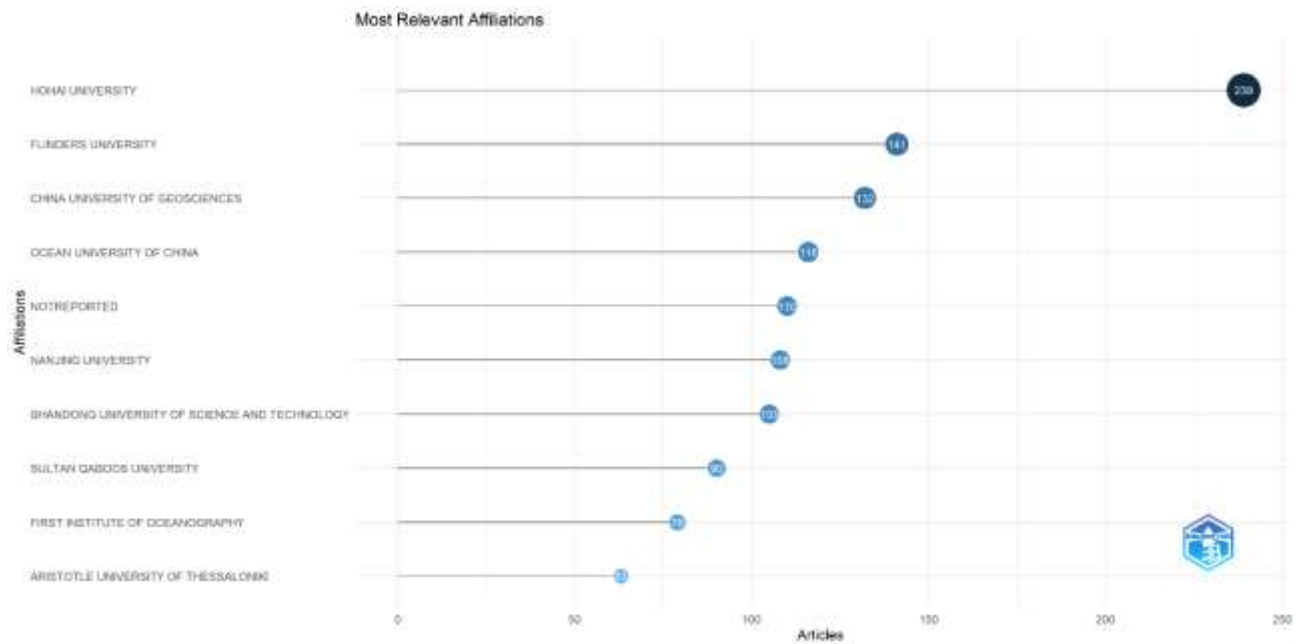
Dalam literatur ini, teridentifikasi total 7.035 penulis yang berkontribusi dalam penelitian intrusi air laut. Dari 2.908 dokumen, 181 dokumen ditulis oleh satu penulis, sedangkan sisanya melibatkan kolaborasi. Rata-rata, terdapat sekitar 4.07 penulis per dokumen. Sebanyak 29.92% dari kolaborasi penulis bersifat internasional. Adapun penulis yang menghasilkan artikel terbanyak (Gambar 4 dan 5) terkait dengan intrusi air tanah berturut-turut diantaranya Wu J (47 artikel), Werner AD (45 artikel), Lu C (36 artikel). Penulis tersebar dari berbagai afiliasi (Gambar 6) dan negara (Gambar 7). Adapun tiga afiliasi yang paling relevan dalam analisis ini adalah Hohai University dengan 239 artikel., Flinders University dengan 141 artikel, dan China University of Geosciences dengan 132 artikel. . Beberapa negara yang paling berperan dalam analisis ini adalah China dengan 2,161 artikel, India dengan 981 artikel, dan USA dengan 757 artikel.



Gambar 4. Penulis dengan Artikel Terbanyak

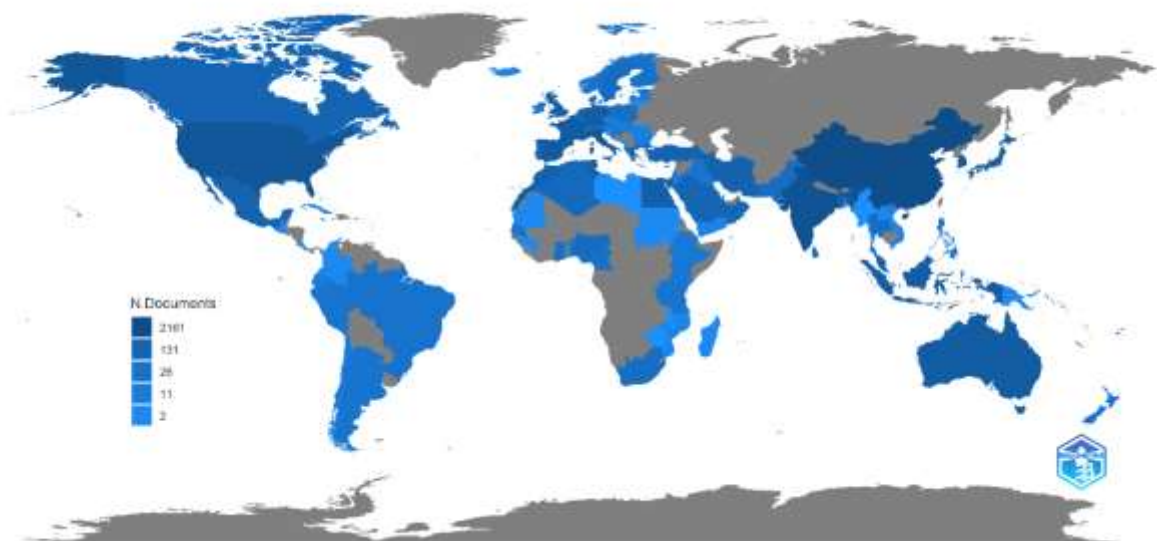


Gambar 5. Grafik Produksi Penulis Terhadap Waktu.



Gambar 6. Afiliasi Penulis

### Country Scientific Production



Gambar 7. Sebaran produktivitas menurut negara penulis

Tabel 1 menunjukkan 20 artikel yang paling banyak dikutip berkaitan dengan penelitian intrusi air laut. Werner menjadi salah satu peneliti dengan judul artikel yang paling banyak dikutip. Werner melakukan kajian terkait dengan proses intrusi air laut beserta manajemen dan investigasinya.

Tabel 1. Artikel dengan kutipan terbanyak

No.	Judul Artikel	Jumlah Kutipan
1	Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges (Werner et al., 2013)	948
2	Modeling groundwater flow and pollution. (Bear & Verruijt, 1987)	853
3	Groundwater exploitation and its impact on the environment in the North China Plain (Changming et al., 2001)	405
4	Impact of sea-level rise on sea water intrusion in coastal aquifers(Werner & Simmons, 2009)	394
5	Effect of tidal forcing on a subterranean estuary (Robinson et al., 2007)	334
6	Variable-density groundwater flow and solute transport in heterogeneous porous media: Approaches, resolutions and future challenges (Simmons et al., 2001)	291
7	Groundwater level forecasting in a shallow aquifer using artificial neural network approach (Nayak et al., 2006)	281
8	Simulation of long-term transient density-dependent transport in groundwater (Frind, 1982)	255
9	Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review (Rusydi, 2018)	251
10	Occurrence of emerging contaminants, priority substances (2008/105/CE) and heavy metals in treated wastewater and groundwater at Depurbaix facility (Barcelona, Spain) (Teijon et al., 2010)	245
11	Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry (Mondal et al., 2010)	243
12	Hydrogeochemical and isotopic evidence of groundwater salinization in a coastal aquifer: A case study in Jeju volcanic island, Korea (Kim et al., 2003)	242
13	Global change and the groundwater management challenge (Gorelick & Zheng, 2015)	238
14	Tidal effects on sea water intrusion in unconfined aquifers (Ataie-Ashtiani et al., 1999)	235
15	Microbial biomass and its activities in salt-affected coastal soils (Tripathi et al., 2006)	219
16	Impact of anthropogenic and natural processes on the evolution of groundwater chemistry in a rapidly urbanized coastal area, South China (Huang et al., 2013)	218
17	Application of multiple isotopic and geochemical tracers for investigation of recharge, salinization, and residence time of water in the Souss-Massa aquifer, southwest of Morocco. (Bouchaou et al., 2008)	218
18	Processes controlling the distribution of boron and chlorine in natural waters in Iceland (Arnórsson & Andrésdóttir, 1995)	210
19	Geochemical and boron, strontium, and oxygen isotopic constraints on the origin of the salinity in groundwater from the Mediterranean coast of Israel (Vengosh et al., 1999)	199
20	Seawater intrusion and associated processes in a small coastal complex aquifer (Castell de Ferro, Spain) (Pulido-Leboeuf, 2004)	195

### Konten Dokumen

Dari hasil analisis bibliometrik diperoleh informasi terkait dengan *keyword plus* dan *author's keyword* yang dapat menganalisis kata kunci yang pling berpengaruh terkait dengan peneltiain intrusi air laut.

*Author's keywords* memberikan pandangan langsung tentang topik atau fokus utama dari artikel yang diidentifikasi oleh penulis. Kata kunci ini berguna ketika penelusur ingin mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang fokus penelitian dari perspektif penulis. Ada 5.183 kata kunci yang digunakan oleh penulis, yang memberikan wawasan lebih lanjut mengenai fokus penelitian. Kata kunci utama yang paling relevan diantaranya *seawater intrusion*, *groundwater*, *coastal aquifer* (Gambar 8).







Tema pertama yaitu *Motor Themes* (Tema Motor) adalah topik yang memiliki tingkat sentralitas dan densitas yang tinggi dalam jaringan penelitian ilmiah. Topik ini sangat penting dan aktif diperiksa dalam komunitas ilmiah, dengan tingkat kolaborasi yang tinggi antara peneliti. Termasuk dalam tema ini adalah topik terkait *saltwater intrusion*, *submarine groundwater discharge*, *climate change*, *seawater intrusion*, dan *coastal aquifer*.

*Basic themes* adalah topik yang memiliki tingkat sentralitas yang tinggi dalam jaringan penelitian, tetapi densitasnya mungkin lebih rendah. Termasuk dalam tema ini adalah topik terkait *groundwater quality* dan *hydrochemistry*

*Emerging Themes* (Tema Berkembang) adalah topik yang memiliki tingkat sentralitas yang lebih rendah dalam jaringan penelitian, tetapi densitasnya tinggi. Topik yang sedang berkembang atau baru dalam literatur ilmiah, dengan peneliti yang aktif berkolaborasi untuk menjelajah dan mengembangkan topik ini. Salah satu topik yang muncul dalam tema ini adalah Galdit, *groundwater vulnerability*.

*Niche themes* adalah topik dengan tingkat sentralitas dan densitas yang lebih rendah dalam jaringan penelitian. Topik yang mungkin khusus atau kurang umum dalam literatur ilmiah. Salah satu yang termasuk ke dalam tema ini adalah *subterranean estuary*.

Analisis berdasarkan konsep ini membantu dalam memahami dinamika topik penelitian dalam jaringan ilmiah, membantu peneliti untuk mengidentifikasi topik yang penting, yang berkembang, dan yang kurang dikenal dalam komunitas ilmiah. Hal ini juga dapat membantu dalam menentukan arah penelitian dan kolaborasi yang lebih baik dalam suatu bidang ilmiah tertentu.

## PENUTUP

Hasil analisis bibliometrik penelitian terkait intrusi air laut memiliki tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 11,03%. Hasil analisis sentralitas dan densitas mengelompokkan topik penelitian menjadi empat kategori, yaitu *Motor Themes*, *Basic Themes*, *Emerging Themes*, dan *Niche Themes*, yang mencerminkan karakteristik dan peran topik-topik ini dalam jaringan penelitian ilmiah. Penelitian ini memberikan wawasan berharga tentang fokus dan kolaborasi penelitian yang berpotensi dalam bidang intrusi air laut. Peningkatan kolaborasi antara peneliti, terutama dalam *Emerging Themes*, diharapkan dapat menghasilkan penemuan yang lebih signifikan dan berkelanjutan. Identifikasi tren penelitian yang kurang dikenal dalam *Niche Themes* dapat membantu mengeksplorasi area yang belum banyak dijelajahi dalam penelitian intrusi air laut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arnórsson, S., & Andrésdóttir, A. (1995). Processes controlling the distribution of boron and chlorine in natural waters in Iceland. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59(20), 4125–4146. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00278-8](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00278-8)
- Ataie-Ashtiani, B., Volker, R. E., & Lockington, D. A. (1999). Tidal effects on sea water intrusion in unconfined aquifers. *Journal of Hydrology*, 216(1–2), 17–31. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00275-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00275-3)
- Bear, J., & Verruijt, A. (1987). *Modeling groundwater flow and pollution*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84995105980&partnerID=40&md5=17c20ae4be44bd48b4563537c0492ba5>
- Bouchaou, L., Michelot, J. L., Vengosh, A., Hsissou, Y., Qurtobi, M., Gaye, C. B., Bullen, T. D., & Zuppi, G. M. (2008). Application of multiple isotopic and geochemical tracers for investigation of recharge, salinization, and residence time of water in the Souss-Massa aquifer, southwest of Morocco. *Journal of Hydrology*, 352(3–4), 267–287. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.01.022>
- Changming, L., Jingjie, Y., & Kendy, E. (2001). Groundwater exploitation and its impact on the environment in the North China Plain. *Water International*, 26(2), 265–272. <https://doi.org/10.1080/02508060108686913>
- Frind, E. O. (1982). Simulation of long-term transient density-dependent transport in groundwater. *Advances in Water Resources*, 5(2), 73–88. [https://doi.org/10.1016/0309-1708\(82\)90049-5](https://doi.org/10.1016/0309-1708(82)90049-5)

- Gorelick, S. M., & Zheng, C. (2015). Global change and the groundwater management challenge. *Water Resources Research*, 3031–3051. <https://doi.org/10.1002/2014WR016825>
- Huang, G., Sun, J., Zhang, Y., Chen, Z., & Liu, F. (2013). Impact of anthropogenic and natural processes on the evolution of groundwater chemistry in a rapidly urbanized coastal area, South China. *Science of the Total Environment*, 463–464, 209–221. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.078>
- Kim, Y., Lee, K.-S., Koh, D.-C., Lee, D.-H., Lee, S.-G., Park, W.-B., Koh, G.-W., & Woo, N.-C. (2003). Hydrogeochemical and isotopic evidence of groundwater salinization in a coastal aquifer: A case study in Jeju volcanic island, Korea. *Journal of Hydrology*, 270(3–4), 282–294. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00307-4](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00307-4)
- Mondal, N. C., Singh, V. P., Singh, V. S., & Saxena, V. K. (2010). Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry. *Journal of Hydrology*, 388(1–2), 100–111. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.04.032>
- Nayak, P. C., Satyaji Rao, Y. R., & Sudheer, K. P. (2006). Groundwater level forecasting in a shallow aquifer using artificial neural network approach. *Water Resources Management*, 20(1), 77–90. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-4007-z>
- Pulido-Leboeuf, P. (2004). Seawater intrusion and associated processes in a small coastal complex aquifer (Castell de Ferro, Spain). *Applied Geochemistry*, 19(10), 1517–1527. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2004.02.004>
- Robinson, C., Li, L., & Barry, D. A. (2007). Effect of tidal forcing on a subterranean estuary. *Advances in Water Resources*, 30(4), 851–865. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2006.07.006>
- Rusydi, A. F. (2018). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012019>
- Simmons, C. T., Fenstemaker, T. R., & Sharp, J. M. (2001). Variable-density groundwater flow and solute transport in heterogeneous porous media: Approaches, resolutions and future challenges. *Journal of Contaminant Hydrology*, 52(1–4), 245–275. [https://doi.org/10.1016/S0169-7722\(01\)00160-7](https://doi.org/10.1016/S0169-7722(01)00160-7)
- Teijon, G., Candela, L., Tamoh, K., Molina-Díaz, A., & Fernández-Alba, A. R. (2010). Occurrence of emerging contaminants, priority substances (2008/105/CE) and heavy metals in treated wastewater and groundwater at Depurbaix facility (Barcelona, Spain). *Science of the Total Environment*, 408(17), 3584–3595. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.04.041>
- Tripathi, S., Kumari, S., Chakraborty, A., Gupta, A., Chakrabarti, K., & Bandyapadhyay, B. K. (2006). Microbial biomass and its activities in salt-affected coastal soils. *Biology and Fertility of Soils*, 42(3), 273–277. <https://doi.org/10.1007/s00374-005-0037-6>
- Vengosh, A., Spivack, A. J., Artzi, Y., & Ayalon, A. (1999). Geochemical and boron, strontium, and oxygen isotopic constraints on the origin of the salinity in groundwater from the Mediterranean coast of Israel. *Water Resources Research*, 35(6), 1877–1894. <https://doi.org/10.1029/1999WR900024>
- Werner, A. D., Bakker, M., Post, V. E. A., Vandenbohede, A., Lu, C., Ataie-Ashtiani, B., Simmons, C. T., & Barry, D. A. (2013). Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges. *Advances in Water Resources*, 51, 3–26. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.03.004>
- Werner, A. D., & Simmons, C. T. (2009). Impact of sea-level rise on sea water intrusion in coastal aquifers. *Ground Water*, 47(2), 197–204. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2008.00535.x>