



# MENGUNGKAP PEMBANGUNAN KOTA BERKELANJUTAN: STUDI BIBLIOMETRIK PADA INFRASTRUKTUR ENERGI TERBARUKAN PERKOTAAN

## UNLOCKING SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT: A BIBLIOMETRIC STUDY ON URBAN RENEWABLE ENERGY INFRASTRUCTURE (REI)

Caesaryo Arif Wibowo<sup>a\*</sup>, Alfrida Ista Anindya<sup>a</sup>, Khafizh Salsabila Widya<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Institut Teknologi Sepuluh Nopember; Surabaya

\*Korespondensi: caesaryoarifwibowo@gmail.com

### Info Artikel:

• Artikel Masuk: 25 Juni 2023

• Artikel diterima: 27 Juni 2024

• Tersedia Online: 30 Juni 2024

### ABSTRAK

Urbanisasi dan perkembangan kota yang cepat, diiringi dengan permintaan pemenuhan infrastruktur perkotaan yang meningkat. Dalam upaya pemenuhan infrastruktur perkotaan, mayoritas masih menggunakan infrastruktur energi tak terbarukan. Hal tersebut mendorong munculnya berbagai dampak dari perubahan iklim. Dalam mengatasi kondisi tersebut terdapat inovasi pemenuhan infrastruktur dengan energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara bibliometrik bagaimana perkembangan dan apa saja topik paling sering dibahas terkait pemanfaatan energi terbarukan dalam infrastruktur perkotaan. Studi bibliometrik dilakukan dengan pengumpulan data base artikel ilmiah dan analisis menggunakan VOSViewer. Hasil studi bibliometrik menunjukkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan pada infrastruktur perkotaan paling banyak tercatat berasal dari Asia dan Afrika dengan topik populer adalah infrastruktur dan sistem, pembangunan perkotaan, pemanfaatan energi, dan kajian bangunan berkaitan dengan implementasi dari pembangunan infrastruktur. Selain itu, hasil penelitian juga membahas topik bagaimana integrasi adanya infrastruktur dengan pemanfaatan energi terbarukan, pengembangan infrastruktur perkotaan memanfaatkan energi terbarukan dengan konsep smart city, kapasitas dan skema penyediaan infrastruktur perkotaan dengan energi terbarukan dan mengenai kebijakan penyediaannya.

**Kata Kunci :** Infstruktur Perkotaan, Energi Terbarukan, Analisis Bibliometrik

### ABSTRACT

Rapid urbanization and city development, accompanied by an increasing demand for urban infrastructure, have predominantly relied on non-renewable energy sources. This has led to various climate change impacts. To address this situation, innovations in renewable energy-based urban infrastructure have emerged. This study aims to conduct a bibliometric analysis to understand the development and the most frequently discussed topics regarding the utilization of renewable energy in urban infrastructure. The bibliometric study involves collecting a database of scientific articles and analyzing them using VOSViewer. The analysis found that most of the research on the utilization of renewable energy in urban infrastructure is concentrated in Asia and Africa. The popular topics include infrastructure and systems, urban development, energy utilization, and building studies related to infrastructure implementation. Additionally, the study identifies research on the integration of infrastructure with renewable energy, the development of urban infrastructure utilizing renewable energy in the context of smart cities, capacity, and provisioning schemes for urban infrastructure with renewable energy, and policy-related studies in infrastructure provision.

**Keywords:** Urban infrastructure, Renewable energy, Bibliometric Analysis

## 1. PENDAHULUAN

Urbanisasi dan perkembangan kota yang cepat serta banyak terjadinya fenomena *urban sprawl*, mendorong terjadinya perubahan iklim serta dampak-dampak negatifnya (Won & Jung, 2023). Adanya urbanisasi dan pertumbuhan kota yang cepat juga diiringi adanya peningkatan populasi penduduk. Saat ini, sekitar 56% dari populasi dunia atau sekitar 4,4 miliar penduduk tinggal di kota. Tren ini diperkirakan akan terus berlanjut, dengan populasi perkotaan tahun 2050 akan lebih dari dua kali lipat ukurannya saat ini, dengan hampir 7 dari 10 orang akan tinggal di kota (World Bank, 2022). Kemudian, perkotaan yang merupakan pusat aktivitas manusia serta aglomerasi utama bagi kegiatan ekonomi, juga menjadi lokasi tingginya konsumsi energi (Liu et al., 2022). Dengan kondisi tersebut kota mewakili dua pertiga dari konsumsi energi global dan menyumbang lebih dari 70% emisi gas rumah kaca (World Bank, 2022). Hal tersebut juga diiringi salah satunya permintaan terkait pemenuhan infrastruktur yang terus meningkat. Dalam upaya pemenuhan infrastruktur tersebut, terjadi perluasan luar biasa dari pengembangan infrastruktur energi bahan bakar fosil dalam beberapa dekade terakhir, terutama di negara-negara berkembang. Hal tersebut menyebabkan banyaknya penggunaan bahan bakar fosil melepaskan emisi karbon ke atmosfer dan merupakan alasan banyaknya produksi emisi karbon (CO<sub>2</sub>), yang mengarah pada perubahan iklim, seperti pemanasan global, kekeringan, gempa bumi, penurunan standar hidup dan dampak negatif lainnya (Zhang et al., 2023).

Dampak negatif penggunaan infrastruktur menggunakan energi tidak terbarukan memunculkan alternatif baru dalam penyediaan infrastruktur yang menggunakan energi terbarukan. Infrastruktur energi terbarukan sangat berkaitan dengan kelestarian lingkungan dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (Zhang et al., 2023). Implementasi infrastruktur dengan energi terbarukan tersebut saat ini sudah mulai banyak diterapkan dan menjadi target pembangunan suatu kota ataupun negara. Salah satunya di Indonesia yang menargetkan pada tahun 2025 diharapkan konsumsi energi terbarukan mencapai 25% yang digunakan dalam penyediaan infrastruktur (Kementerian Keuangan, 2022).

Berbagai penelitian terkait dengan energi terbarukan telah dilakukan, terutama sebagai sumber energi dalam mendukung infrastruktur perkotaan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Salak et al. (2022) yang mengkaji bagaimana campuran (angin, fotovoltaik, saluran listrik) dari berbagai infrastruktur energi terbarukan/*renewable energi infrastructure* (REI) memengaruhi preferensi masyarakat untuk berbagai jenis lanskap, di mana bentang alam yang didominasi oleh permukiman atau penggunaan pertanian intensif dan lanskap di kawasan wisata pegunungan lebih disukai dipilih untuk pengembangan REI; Yang et al. (2023) yang mengkaji terkait kumpulan data panel terkait transisi energi terbarukan dari kota-kota di Tiongkok dan menilai pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dari adanya transisi energi terbarukan di tingkat kota; atau penelitian dari Hoicka et al. (2021) yang mengkaji bagaimana peningkatan energi terbarukan yang diberikan ke kota-kota menghasilkan lokasi produktivitas baru, hubungan interskalar antara aktor baru dan terpusat, dan hasil sosial-ekonomi; maupun penelitian-penelitian lainnya terkait penggunaan energi terbarukan dalam infrastruktur perkotaan. Namun, dari beberapa penelitian yang sebelumnya telah ada belum ditemukan adanya penelitian dengan studi bibliometrik mengenai energi terbarukan pada infrastruktur perkotaan.

Penelitian ini merupakan studi bibliometrik dengan topik ataupun isu mengenai pemanfaatan energi terbarukan dalam infrastruktur perkotaan dengan tujuan untuk menganalisis bagaimana perkembangan penelitian di bidang energi terbarukan dan apa saja topik paling sering dibahas dalam infrastruktur perkotaan. Penelitian ini diharapkan dapat menjawab beberapa pertanyaan terkait negara mana yang aktif membahas terkait penelitian pemanfaatan energi terbarukan dalam infrastruktur perkotaan, topik apa yang paling banyak dibahas dan rekomendasi peluang penelitian terkait pemanfaatan energi terbarukan pada infrastruktur perkotaan.

## 2. DATA DAN METODE

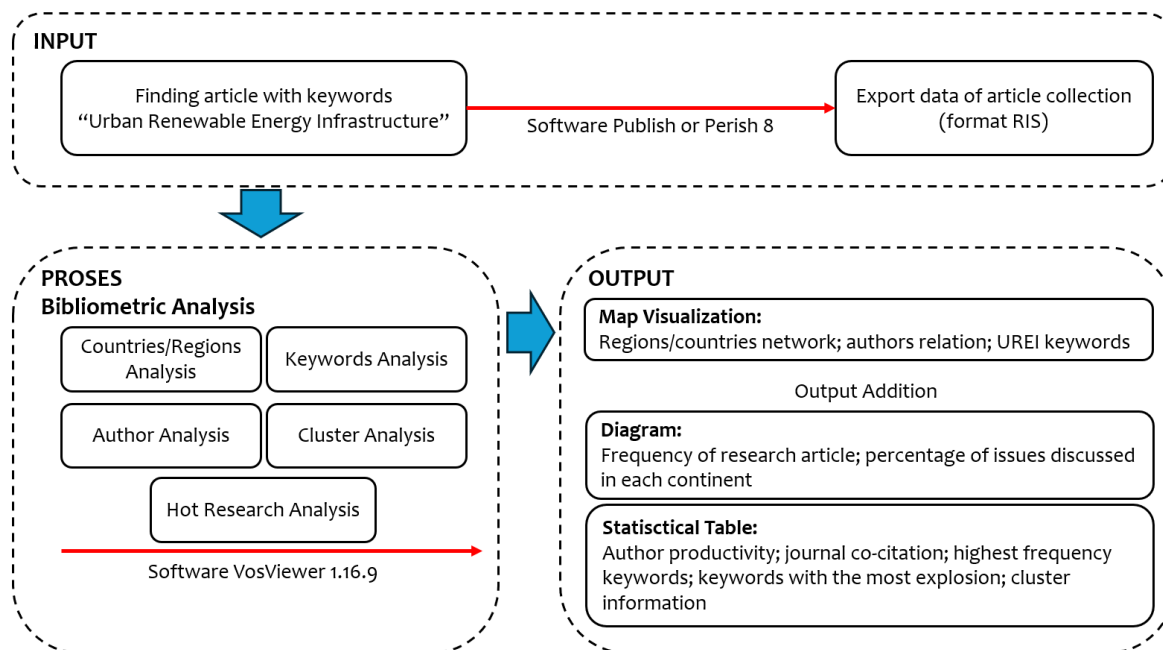
### 2.1. Data Literatur

Data yang dikumpulkan berasal dari database pengumpulan Semantic Scholar yang diakses melalui aplikasi *Publish or Perish 8*. *Semantic Scholar* dipilih karena cakupannya luas, berisi banyak artikel jurnal akademik (Sudarmawan, 2015), termasuk yang berkaitan dengan isu pemanfaatan energi terbarukan pada infrastruktur perkotaan serta dapat memberikan wawasan dalam pengembangan teknologi infrastruktur berkelanjutan. Dengan demikian, database *Semantic Scholar* terutama dianggap sebagai sumber pengumpulan informasi terbaik untuk memastikan integritas ilmiah sumber data dalam analisis bibliometrik. Selain itu, penggunaan database ini juga karena dapat diakses secara gratis. Peneliti menggunakan *keywords* dalam pencarian dan pengidentifikasian sumber bacaan, yakni “*Urban Renewable Energy Infrastructure*” (UREI). Koleksi artikel yang digunakan dipilih dari publikasi internasional sehingga menggunakan Bahasa Inggris, untuk memperoleh perkembangan penelitian dalam isu terkait secara global. Adanya *maximum number of result* pada aplikasi *Publish or Perish* menjadi keterbatasan dalam penelitian bibliometrik ini. Dengan demikian, terdapat total maksimum 998 literatur yang relevan dengan topik penelitian, dikumpulkan mulai dari tahun 1982-2023. Adapun jenis literatur dipilih dari publikasi jurnal yang jenisnya merupakan *research article* dan *review article*, nantinya dapat bermanfaat bagi pengembangan penelitian kedepannya.

### 2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis bibliometrik dengan bantuan *software VOSViewer 1.6.19* yang mampu memvisualisasikan keterhubungan/koneksi antar *node* atau item yang diteliti. Bibliometrik sendiri merupakan ilmu interdisipliner, sistem pengetahuan yang mengintegrasikan ilmu matematika, statistik, dan linguistik. *VOSViewer* merupakan perangkat lunak analisis visualisasi informasi yang dikembangkan dalam bahasa Java, yang dapat menemukan tren baru dalam penelitian dan pengembangan dalam publikasi ilmiah, dan digunakan untuk menemukan kemajuan penelitian dan frontier penelitian di bidang tertentu. Adapun *VOSViewer* dipilih untuk melakukan hasil estimasi dengan kemampuan visualisasi. Pada analisis bibliometrik dengan *VOSViewer* ini, ukuran *node* berbanding lurus dengan jumlah dokumen yang diwakilinya. Adapun interpretasi dari peta visual didasarkan pada jarak antar *node* dimana jarak yang pendek menunjukkan hubungan yang lebih dekat.

Diagram alir berikut menunjukkan prosedur dari penelitian ini. Pertama, peneliti menghimpun data dari artikel terkait dari tahun 1982 hingga 2023 dari sumber *Semantic Scholar* menggunakan *software Publish or Perish*. Kedua, peneliti menggunakan *VOSViewer* untuk analisis kolaboratif data yang telah terkumpul meliputi: analisis penulis, sitasi, dan *keyword*. Melalui analisis tersebut dapat ditentukan arah penelitian dan batasan penelitian di bidang energi terbarukan pada infrastruktur perkotaan di Indonesia. Selain itu juga dilakukan analisis klaster untuk mengidentifikasi pembahasan penting di bidang infrastruktur terbarukan, juga berkontribusi dalam pembangunan kota berkelanjutan kedepannya.



Sumber: Penulis, 2023

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Ekstraksi Data

Data-data literatur yang dikumpulkan berasal dari *database Semantic Scholar*, dimana kata kunci (*keywords*) yang digunakan adalah “*Urban Renewable Energy Infrastructure*” dengan menggunakan software *Publish or Perish 8*. Secara lebih detail, literatur yang diperoleh adalah sebanyak 998 artikel ilmiah berdasarkan *maximum number of result* 1000 literatur yang diunduh dari software *Publish of Perish 8*, mulai dari tahun 1982 hingga 2023 dengan artikel terpilih berbahasa Inggris. Lebih detailnya, statistik informasi dokumen tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Informasi Dokumen Penelitian

| Informasi Dokumen                    | Statistik   |
|--------------------------------------|-------------|
| Tahun artikel penelitian             | 1982 – 2023 |
| Jumlah dokumen artikel penelitian    | 998         |
| Rata-rata publikasi per tahun        | 30          |
| Jumlah sitasi dokumen per penulis    | 10716       |
| Rata-rata sitasi per dokumen         | 11          |
| Jumlah sitasi dokumen                | 3313        |
| Rata-rata sitasi dokumen per tahun   | 3           |
| Jumlah penulis                       | 3152        |
| Rata-rata jumlah penulis per dokumen | 3           |

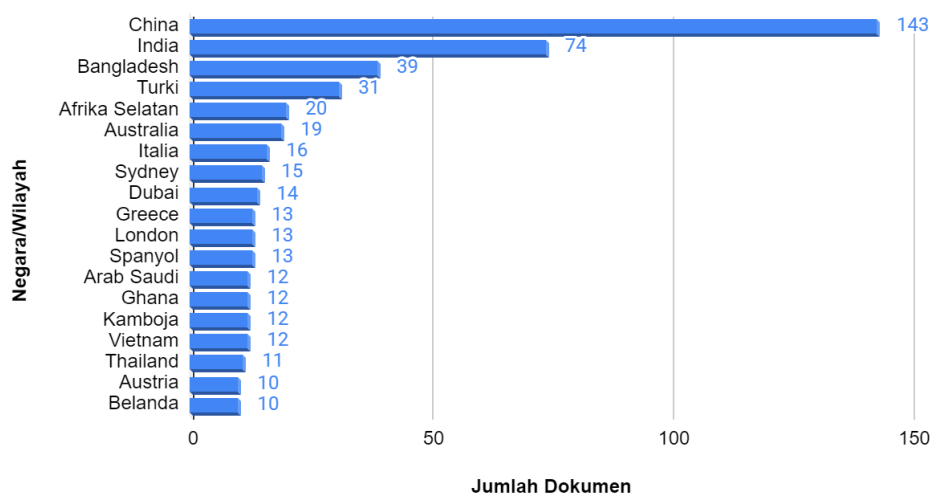
Sumber: Dataset *Publish or Perish* (2023)

Rata-rata jumlah publikasi per tahun sebanyak 30 dokumen, mengindikasikan tingkat produksi artikel penelitian relatif stabil selama periode tahun 1982-2023. Total jumlah sitasi dokumen sebanyak 10.716 yang tersebar di antara 3.152 penulis, menghasilkan rata-rata sitasi sekitar 3 sitasi per penulis. Hal ini menunjukkan adanya kolaborasi yang umum antar penulis serta menandakan tingkat sitasi yang berkelanjutan setiap tahun terhadap artikel penelitian terkait UREI.

### 3.2. Analisis Co-Authorship

#### 3.2.1. Analisis Co-Authorship Negara/Wilayah

Peta visualisasi antar negara secara intuitif menunjukkan tingkat hubungan sosial antar negara/daerah dalam suatu bidang tertentu. Pada konteks penelitian ini adalah terkait pembahasan isu implementasi infrastruktur energi terbarukan di perkotaan. Melalui peta keterhubungan antar negara/daerah ini memberikan perspektif baru untuk menilai kekuatan akademik dan penelitian ilmiah di suatu daerah serta dapat berkontribusi untuk memberikan bantuan kepada beberapa daerah yang layak mendapat perhatian. Berdasarkan data ekstraksi dari 998 artikel ilmiah yang dipublikasi, ditemukan dokumen yang tersebar secara geografis dari 20 negara/daerah (lihat Gambar 2). Secara general, publikasi penelitian terkait UREI tersebar cukup luas di berbagai wilayah dunia. Asia termasuk dalam kategori dengan jumlah publikasi yang signifikan, terdiri dari: China, India, Bangladesh, Turki, Dubai, Arab Saudi, Kamboja, Vietnam, dan Thailand. Sedangkan Eropa memiliki kontribusi yang cukup beragam, berasal dari kota/negara: Italia, Greece, London, Spanyol, Austria, dan Belanda. Sementara Afrika (Afrika Selatan dan Ghana) dan Australia (Australia dan Sydney) meskipun memiliki jumlah publikasi yang lebih kecil, juga memiliki kehadiran dalam publikasi penelitian global.



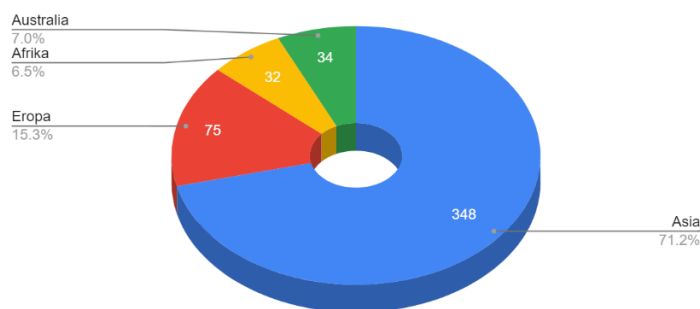
Sumber: Hasil Analisis, 2023

**Gambar 2.** Diagram Frekuensi Dokumen Penelitian Bidang *Urban Renewable Energy Infrastructure* (UREI) di Negara/Wilayah di Dunia

Daftar negara dengan jumlah dokumen terbanyak terkait penelitian infrastruktur energi terbarukan di perkotaan dimana Asia menunjukkan hasil tertinggi jumlah penelitian sebanyak 348 dokumen. Namun demikian, sebuah dokumen kemungkinan dapat ditulis oleh peneliti yang berbeda dari berbagai negara sehingga kemungkinan jumlah dokumen dapat dihitung lebih dari satu kali. Adapun jumlah literatur di setiap negara dapat menggambarkan pengaruhnya dalam bidang penelitian ini. Asia dengan total literatur terbanyak menandakan relatif pengaruh Asia di bidang pengelolaan infrastruktur energi terbarukan relatif menonjol dibandingkan dengan negara/daerah lain di dunia.

Berikutnya, Gambar 3 menunjukkan bahwa negara/kota di Asia lebih banyak membahas penelitian ini dengan total publikasi sebanyak 348 dokumen (71,20% dibanding dengan benua lain). Beberapa negara di Asia yang dimaksud meliputi: China, India, Bangladesh, Turki, Dubai, Arab Saudi, Kamboja, Vietnam, dan Thailand dimana sebagian besar merupakan negara berkembang dan kini tengah mengembangkan infrastruktur energi terbarukan seperti yang dicanangkan oleh *International Energy Agency* (IEA). Program IEA memiliki fokus pada pengembangan teknologi energi terbarukan, salah satunya di negara berkembang Asia (*International Energy Agency, 2021*). Adapun laporan trend global dari *National Intelligence Council* mengidentifikasi energi terbarukan sebagai isu utama untuk keberlangsungan masa depan di suatu negara

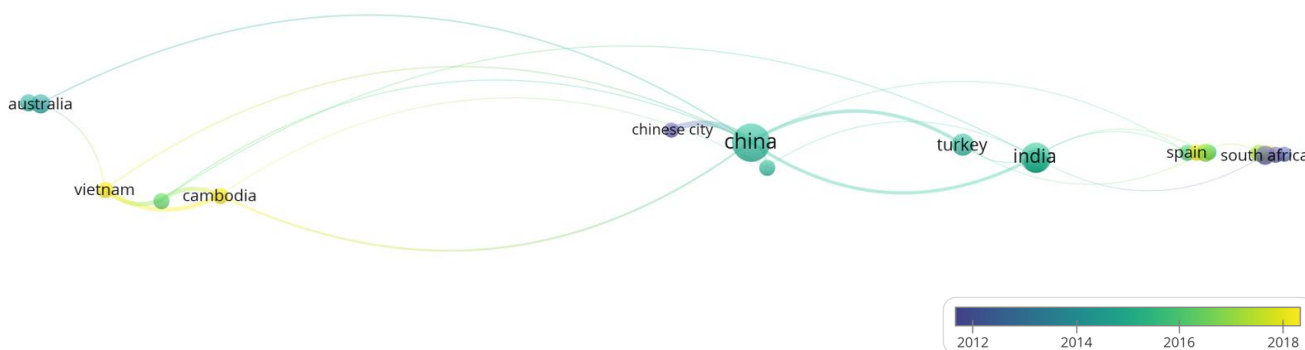
(United Nations, 2020). Selain itu, adanya *United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)* terkait perluasan akses energi bersih dan terbarukan (United Nations Conference On Trade And Development, 2021), yang juga menunjukkan bahwa infrastruktur energi terbarukan merupakan masalah penting bagi keberlangsungan banyak negara. Dengan demikian, penanganan isu infrastruktur energi terbarukan oleh organisasi internasional, selanjutnya mendukung gagasan bahwa negara-negara berkembang di Asia mungkin tengah berfokus pada pengembangan hal tersebut yang ditandai dengan adanya peningkatan kesadaran dan keterlibatan publik dari negara-negara ini seputar pentingnya transisi ke energi terbarukan. Terlebih, negara-negara ini banyak berinvestasi dalam pengembangan infrastruktur energi terbarukan; keberadaan pemerintahnya mendukung melalui kebijakan dan keuangan; memiliki sumber daya alam yang menguntungkan dan mendukung pengembangan energi terbarukan; serta banyak menjalin kerja sama dengan organisasi dan mitra internasional (Asia Development Bank, 2018; Yana et al., 2021).



Sumber: Hasil Analisis, 2023

Gambar 3. Diagram Persentase Pembahasan UREI di Setiap Benua

Selanjutnya, Gambar 4 berikut menunjukkan visualisasi kerja sama antar negara/daerah dimana ukuran dan warna *node* mewakili jumlah dokumen dan rata-rata tahun publikasi di setiap negara/daerah secara terpisah. Adapun tebal *link* menunjukkan tingkat kerja sama antar negara/daerah dimana semakin tinggi tingkat kerja sama maka semakin tebal ukuran link koneksinya. Afrika Selatan, London, dan Belanda menjadi negara dilakukannya penelitian awal dibidang infrastruktur menggunakan energi terbarukan yang ditandai dengan *nodes* warna ungu, yakni pada tahun 2012. Selain itu, dapat disimpulkan juga bahwa berbagai kota di dunia memiliki rata-rata tahun publikasi antara 2014 hingga 2016 (ditandai dengan *nodes* berwarna hijau tua). Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa negara lain di Asia juga telah melakukan penelitian ini seperti: Kamboja, Vietnam, dan Arab Saudi.



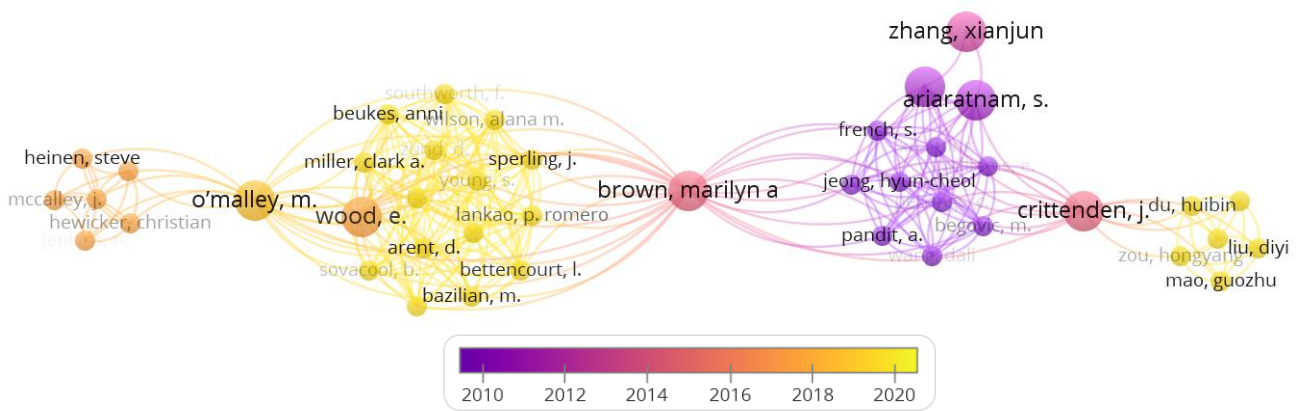
Sumber: Hasil Analisis, 2023

Gambar 4. Visualisasi Jaringan Kerja Sama Riset Negara/Wilayah di Bidang UREI

Dari tebalnya *link* yang ditunjukkan, dapat terlihat jelas bahwa negara-negara di Asia, Eropa, dan Afrika memiliki produktivitas tinggi untuk menjalin kerja sama di bidang infrastruktur energi terbarukan. Dari hal ini, dapat diprediksi bahwa kedepannya Asia, Eropa, dan Afrika akan menjadi pasar terbesar di dunia dalam kontribusinya memajukan penerapan infrastruktur energi terbarukan di perkotaan dan dalam setiap perkembangannya akan memiliki manfaat global. Kerjasama antara Afrika dan Asia sudah tampak dari adanya *Asian Development Bank* (ADB) dan *African Development Bank* (AfDB) yang telah bermitra dan terlibat dalam pendanaan proyek infrastruktur energi hijau di kedua wilayah. Selain itu, telah ada kolaborasi antara industri surya India dan Afrika (IISD, 2017). Terdapat pula *Asia-Africa Growth Corridor* (AAGC) yang telah bekerja sama di sektor energi terbarukan. Jepang telah mendukung pembangunan infrastruktur di Asia Tenggara untuk pertumbuhan yang berkelanjutan dan telah bekerja sama dengan negara-negara Afrika dalam inisiatif energi terbarukan (East-West Center, 2019). Dengan semakin menipisnya ketersediaan sumber energi, konsep UREI telah menarik perhatian lebih banyak negara. Di masa mendatang, lebih banyak negara/wilayah yang terikat untuk berpartisipasi dalam bidang UREI. Dengan perkiraan penggunaan energi kota-kota di seluruh dunia, menjadi potensi bagi masyarakat perkotaan untuk meningkatkan energi terbarukan di tahun 2030 (Rigter et al., 2016).

3.2.2. Analisis Co-Authorship Penulis

Penelitian UREI merupakan bidang yang terus berkembang dan terus menarik perhatian para peneliti. Sejumlah 998 dokumen yang terpublikasi merupakan kontribusi dari > 43 penulis. Mereka adalah penyedia pengetahuan di bidang UREI, khususnya bagi implementasi di lokasi studi yang dibahas. Gambar 5 menunjukkan keterhubungan dan kerja sama yang dilakukan antar penulis UREI. Analisis kerja sama penulis dapat digunakan untuk mengetahui penulis yang memberikan kontribusi penting bagi penelitian UREI serta mengetahui jaringan kerja sama sosial antar penulis.



Sumber: Hasil Analisis, 2023  
**Gambar 5.** Peta Keterkaitan Antar Penulis di Bidang UREI

Terbentuk 4 klaster penulis yang ditunjukkan oleh masing-masing warna dimana total *links* atau keterhubungan melalui sitasi antar penulis yang terbentuk sebanyak 276. Penulis Marylin A. Brown menjadi centroid yang memengaruhi penulis lain, artinya penulis lain seperti: (Lalor et al., 2005; Loeb et al., 2019; Liang et al., 1994); dan seterusnya banyak mengutip pembahasan UREI dari penulis (Brown, 2001). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa Brown, Marylin A merupakan penulis paling produktif yang membahas mengenai pengelolaan UREI. Produktivitas penulis dapat direpresentasikan dari jumlah dokumen yang ditulis oleh penulis di masing-masing cluster serta total *links* yang menunjukkan banyaknya sitasi dari penulis tersebut (lihat Tabel 2). Adapun produktivitas seorang penulis di suatu bidang merupakan salah satu indikator penting untuk menentukan keberlangsungan riset dan penelitian di bidang UREI kedepannya.



Marilyn A. Brown merupakan professor di *Georgia Institute of Technology* dengan bidang keilmuan sistem energi berkelanjutan dan juga berkerja di *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*. Penelitian yang dilakukan berfokus pada infrastruktur terbarukan, teknologi dan kebijakan energi, mitigasi perubahan iklim, dan pembangunan berkelanjutan. Berbagai penelitiannya melakukan evaluasi potensi teknis dan praktis dari berbagai sumber energi terbarukan, termasuk atap surya, pembangkit listrik terbarukan terdistribusi, dan gabungan sistem panas dan tenaga. Secara keseluruhan, penelitian Brown berpotensi untuk menginformasikan dan berkontribusi pada penerapan infrastruktur terbarukan, serta pengembangan dan transisi menuju ekonomi energi bersih.

**Tabel 2.** Produktivitas Penulis 15 Teratas di Bidang UREI

| Peringkat | Penulis Pertama                | Negara            | Dokumen | Total Tautan |
|-----------|--------------------------------|-------------------|---------|--------------|
| 1         | (Brown, 2001)                  | Georgia, US       | 2       | 29           |
| 2         | (Lalor et al., 2005)           | Dublin, Ireland   | 2       | 23           |
| 3         | (Loeb et al., 2019)            | Georgia, US       | 2       | 18           |
| 4         | (Liang et al., 1994)           | New Jersey, US    | 2       | 17           |
| 5         | (Kurtz et al., 2018)           | Corolado, US      | 1       | 17           |
| 6         | (Sovacool, 2016)               | Massachusetts, US | 1       | 17           |
| 7         | (Romero-Lankao & Dodman, 2011) | Chicago, US       | 1       | 17           |
| 8         | (Li & Lin, 2016)               | Taiwan China      | 1       | 12           |
| 9         | (Pandit & Laband, 2010)        | Alabama, US       | 1       | 12           |
| 10        | (Williams et al., 2020)        | Arizona, US       | 1       | 12           |
| 11        | (Begovic et al., 2001)         | Georgia, US       | 1       | 12           |
| 12        | (Zou et al., 2017)             | Tianjin, China    | 1       | 6            |
| 13        | (Du et al., 2018)              | Tianjin, China    | 1       | 6            |
| 14        | (Baccioli et al., 2020)        | Toscana, Italia   | 1       | 6            |
| 15        | (Heinen et al., 2017)          | Germany           | 1       | 6            |

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Mayoritas penulis 15 teratas berasal dari Amerika Serikat, China, Italia, dan Jerman. Hal ini menunjukkan bahwa negara-negara tersebut memainkan peran penting dalam bidang pengelolaan dan pengembangan UREI yang apabila dikaitkan dengan analisis *countries/regions* pada bagian sebelumnya berarti bahwa negara-negara yang berada di Amerika Utara dan Eropa lebih maju dalam hal penerapan infrastruktur energi terbarukan sehingga dapat dijadikan *benchmarking* bagi negara-negara berkembang di Afrika dan Asia.

Sebagian besar penulis ini berasal dari lembaga penelitian ilmiah di bidang infrastruktur energi terbarukan. Sementara keragaman cendekiawan dimana mayoritas berasal dari Amerika Serikat, telah menjarah ke negara lain seperti China, Italia, Jerman, menunjukkan bahwa penelitian UREI memiliki potensi untuk bisa terus dikembangkan di seluruh dunia.

### 3.3. Analisis Co-Citation

Berdasarkan hasil ekstraksi data terkait *keyword* “*Urban Renewable Energy Infrastructure*” dengan menggunakan *software* Publish or Perish 8, dengan 998 artikel ilmiah yang dikumpulkan mulai dari tahun 1982 hingga 2023, dapat diperoleh data untuk jumlah sitasi masing-masing dokumen, dan diperoleh 15 teratas dokumen yang paling banyak disitasi (lihat Tabel 3).



**Tabel 3.** Peringkat 15 Dokumen dengan Sitasi Terbanyak

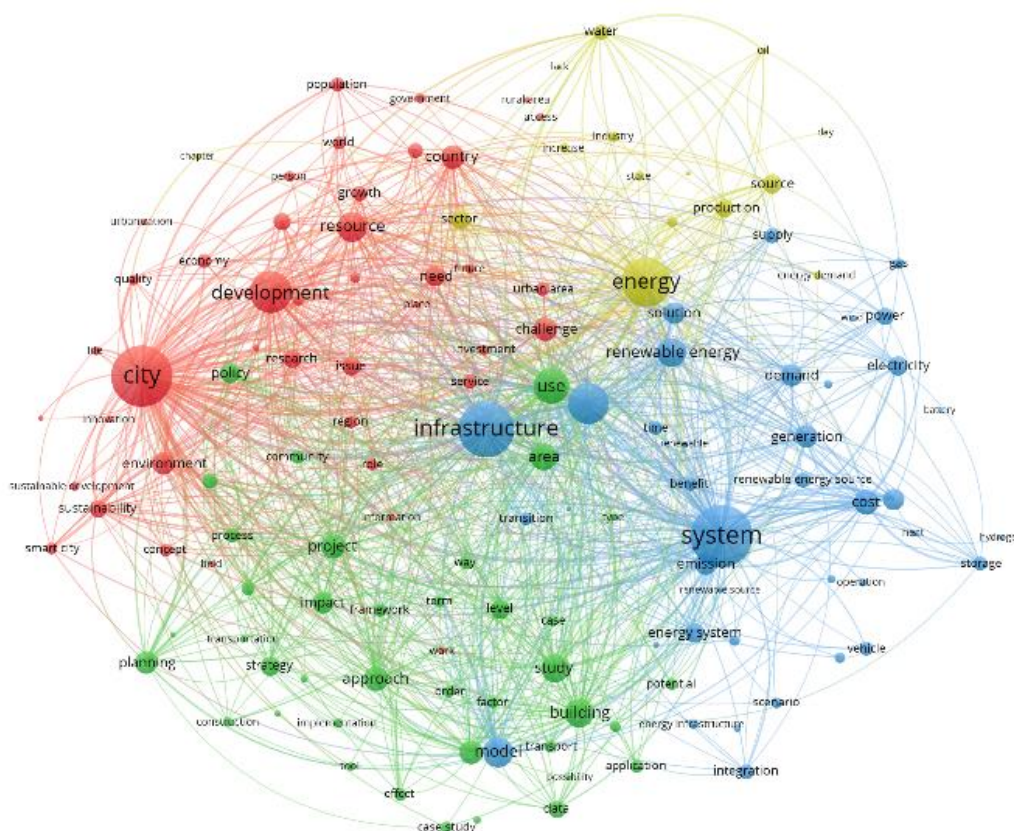
| Peringkat | Judul  | Penulis                         | Tipe Aritikel | Jurnal                                    | Sitasi | Tahun |
|-----------|--|---------------------------------|---------------|---|--------|-------|
| 1         | A Realizable Renewable Energy Future   | (Turner, 1999)                  | Jurnal        | Science                                   | 1344   | 1999  |
| 2         | A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges                             | (Yan et al., 2013)              | Jurnal        | IEE Communication Surveys & Tutorials     | 1155   | 2013  |
| 3         | Plug-in Vehicles and Renewable Energy Sources for Cost and Emission Reductions   | (Saber & Venayagamoorthy, 2011) | Jurnal        | IEE Transaction on Industrial Electronics | 732    | 2011  |
| 4         | Prospects for Building a Hydrogen Energy Infrastructure  | (Ogden, 2003)                   | Jurnal        | Annual Review of Energy and Environment   | 519    | 1999  |
| 5         | Energy Efficiency and Renewable Energy   | (Maithel, 2008)                 | Jurnal        | SAGE Journals                             | 496    | 2008  |
| 6         | Integration of renewable distributed generators into the distribution system: a review                                     | (Adefarati & Bansal, 2016)      | Jurnal        | IET Renewable Power Generation            | 396    | 2016  |
| 7         | Aggregated Impact of Plug-in Hybrid Electric Vehicles on Electricity Demand Profile  | (Darabi & Ferdowsi, 2011)       | Jurnal        | IEE Transactions on Sustainable Energy    | 384    | 2011  |
| 8         | Energy-Efficient Information and Communication Infrastructures in the Smart Grid: A Survey on Interactions and Open Issues | (Erol-Kantarci & Mouftah, 2015) | Jurnal        | IEE Communication Surveys & Tutorials     | 378    | 2015  |
| 9         | The Urban Watershed Continuum: Evolving Spatial and Temporal Dimensions  | (Kaushal & Belt, 2012)          | Jurnal        | Urban Ecosystem                           | 353    | 2012  |
| 10        | Technological Developments in Batteries: A Survey of Principal Roles, Types, and Management Needs                          | (Hu et al., 2017)               | Jurnal        | IEE Power and Energy Magazine             | 350    | 2017  |
| 11        | Nanoscale Design to Enable the Revolution in Renewable Energy  | (Baxter et al., 2009)           | Jurnal        | Energy & Environmental Science            | 338    | 2009  |
| 12        | City-Integrated Renewable Energy for Urban Sustainability  | (Kammen & Sunter, 2016)         | Jurnal        | Science                                   | 275    | 2016  |
| 13        | PEV Charging Profile Prediction and Analysis Based on Vehicle Usage Data   | (Ashtari et al., 2012)          | Jurnal        | IEE Transaction on Smart Grid             | 272    | 2012  |
| 14        | Low-carbon Transitions and the Reconfiguration of Urban Infrastructure   | (Bulkeley et al., 2014)         | Jurnal        | Urban Studies                             | 253    | 2014  |
| 15        | The Next Phase of the Energy Transition and Its Implications for Research and Policy                                       | (Markard, 2018)                 | Jurnal        | Nature Energy                             | 251    | 2018  |

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Terkait topik pemanfaatan energi terbarukan dalam infrastruktur perkotaan yang banyak disitasi adalah tentang bagaimana penerapan energi terbarukan pada masa depan, penerapan *smart grid*, dampak dan efisiensi pemanfaatan energi terbarukan, sistem atau konsep pengembangan infrastruktur dengan pemanfaatan energi terbarukan dan integrasi antara energi terbarukan dengan keberlanjutan suatu kota dan kebijakan. Selain itu, mayoritas dokumen atau artikel ilmiah yang banyak disitasi adalah artikel yang terbit dari Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) dengan topik terkait *Communication Surveys & Tutorials*, *Transaction on Industrial Electronics*, *Transactions on Sustainable Energy, Power and Energy Magazine*, *Energy & Environmental Science* dan *Transaction on Smart Grid*. Pemanfaatan energi terbarukan dalam infrastruktur perkotaan juga dibahas pada jurnal terkait energi, lingkungan, science, ekosistem perkotaan dan ilmu perkotaan.

### 3.4. Analisis Kata Kunci

*Keyword analysis* dalam *bibliometric analysis* digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kata kunci atau istilah yang muncul dalam dokumen ilmiah yang dijadikan sebagai objek penelitian. Keyword atau kata kunci merupakan kata-kata yang diekstrak dari teks yang dapat mencerminkan isi ide utama artikel, sangat diringkas oleh penulis, adalah kata-kata yang penting bagi konten sentral makalah, dan itu mewakili fokus konten penelitian sarjana. Oleh karena itu, dengan menganalisis peta pengetahuan *co-occurrence* dari kata kunci dan menggunakan distribusi dan evolusi kata kunci yang memiliki frekuensi tinggi, maka data yang ada dapat secara visual mencerminkan tren evolusi perbatasan penelitian dan hotspot di lapangan dalam periode waktu yang berbeda (H. Hu et al., 2022). Hasil peta dari visualisasi *co-occurrence* kata kunci yang ada ditunjukkan pada Gambar 6, di mana ukuran dari titik yang ada menunjukkan frekuensi kata kunci tersebut digunakan.



Sumber: Hasil Analisis, 2023

Gambar 6. Peta Visualisasi Co-Occurrence Dari Kata Kunci UREI

Pada Tabel 4 ditunjukkan 15 kata kunci yang memiliki frekuensi tinggi di bidang UREI, sedangkan pada Tabel 5 ditunjukkan kata kunci dengan ledakan kutipan terbanyak selama tahun rata-rata (*Average Publication Year*) 2018–2023 (5 tahun). Deteksi ledakan kata kunci digunakan untuk mendeteksi penurunan atau kenaikan kata kunci topik, dan semakin besar kekuatan ledakan, semakin tinggi frekuensi kemunculan kata kunci dalam periode waktu tertentu, menunjukkan bahwa sejumlah besar penelitian terkait dengan itu telah muncul dalam periode waktu tersebut (Hu et al., 2022).

**Tabel 4.** Kata Kunci dengan Frekuensi Tertinggi

| Peringkat | Kata Kunci          | Tahun<br>(Tahun Publikasi Rata-Rata) | Kejadian |
|-----------|---------------------|--------------------------------------|----------|
| 1         | System              | 2016                                 | 1077     |
| 2         | City                | 2015                                 | 1063     |
| 3         | Infrastructure      | 2016                                 | 951      |
| 4         | Energy              | 2015                                 | 826      |
| 5         | Development         | 2015                                 | 685      |
| 6         | Technology          | 2015                                 | 664      |
| 7         | Use                 | 2014                                 | 564      |
| 8         | Resource            | 2015                                 | 476      |
| 9         | Model               | 2016                                 | 474      |
| 10        | Renewable<br>Energy | 2016                                 | 462      |
| 11        | Building            | 2016                                 | 451      |
| 12        | Study               | 2016                                 | 429      |
| 13        | Area                | 2015                                 | 421      |
| 14        | Approach            | 2016                                 | 385      |
| 15        | Cost                | 2013                                 | 385      |

Sumber: Hasil Analisis, 2023

**Tabel 5.** Kata Kunci Dengan Ledakan Kutipan Terbanyak Selama Tahun Rata-Rata (*Average Publication Year*) 2018–2023

| Peringkat | Kata Kunci           | Tahun<br>(Tahun Publikasi Rata-Rata) | Tautan |
|-----------|----------------------|--------------------------------------|--------|
| 1         | Energy<br>Transition | 2019                                 | 134    |
| 2         | Smart City           | 2018                                 | 131    |

Sumber: Hasil Analisis, 2023

#### 3.4.1. Tren Topik Penelitian (*Trending Research Topics*)

Berbagai kata kunci yang diperoleh dari analisis *co-occurrence* menggunakan VosViewer kemudian dikelompokkan menjadi 4 kelompok yang merupakan topik-topik penelitian panas/popular pada pembahasan UREI. Berdasarkan gambar dan tabel di atas, subjek penelitian UREI antara lain sebagai berikut.

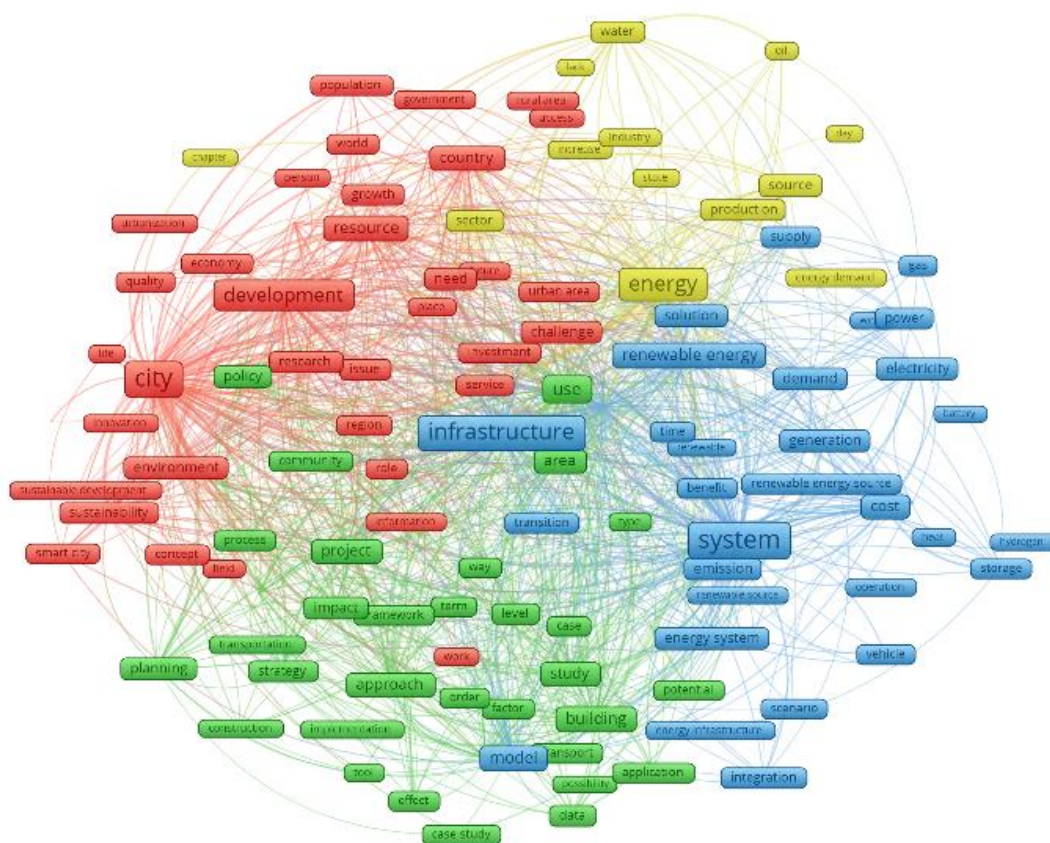
- (1) Infrastruktur dan sistem, yang merupakan kata kunci paling sering digunakan pada berbagai penelitian terkait UREI. Pembahasan mengenai infrastruktur dan sistem berkaitan dengan pengoptimalannya untuk melaksanakan pembangunan infrastruktur energi terbarukan, dengan hubungannya dengan kata kunci lain seperti perkotaan, pembangunan, kebutuhan, model, proyek, penelitian, tantangan, dan lain sebagainya.
- (2) Pembangunan perkotaan, merupakan subjek penelitian UREI yang cukup sering muncul sebagai tujuan dari pemanfaatan energi terbarukan sehingga menjadi lebih optimal dan berkelanjutan. Subjek penelitian pembangunan perkotaan berkaitan dengan penggunaan sumber daya, strategi,

perencanaan, komunitas dan sektor terkait, kebijakan, maupun berbagai pendekatan untuk mewujudkan keberlanjutan di perkotaan.

- (3) Pemanfaatan energi, khususnya energi terbarukan, merupakan salah satu subjek penelitian terkait UREI yang berfokus pada pembahasan integrasi berbagai sektor maupun industri dalam meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan, baik dengan menggunakan air, listrik, dan tenaga yang terbarukan. Pembahasan subjek ini juga berkaitan dengan peningkatan produksi dan pemanfaatan sumber daya yang berdampak pada keberlanjutan.
- (4) Kajian bangunan berkaitan dengan implementasi dari pembangunan infrastruktur yang ada, dengan menggunakan data-data, pendekatan, strategi, dan model untuk mengembangkan infrastruktur yang lebih berkelanjutan dengan berbagai tantangan yang ada.

### 3.5. Analisis Kluster

Analisis kluster pada *bibliometric analysis* digunakan untuk mengetahui kumpulan item-item yang disertakan ke dalam peta. Pada analisis ini, visualisasi jaringan menunjukkan informasi terkait pengelompokan kluster kata kunci yang ada.



Sumber: Hasil Analisis, 2023

**Gambar 7.** Peta Visualisasi Kluster dari Kata Kunci UREI

Gambar 7 Visualisasi kluster dari VOSviewer ini mengungkapkan struktur kompleks dan hubungan antar tema utama dalam penelitian terkait kota, perencanaan, sistem energi, dan sumber daya. Cluster merah, yang berfokus pada "kota" dan "pengembangan," menunjukkan keterkaitan erat antara "urbanization," "policy," dan "innovation." Ini mencerminkan bagaimana kebijakan dan inovasi berperan penting dalam pengembangan kota yang berkelanjutan. Misalnya, urbanisasi yang cepat membutuhkan

kebijakan yang mendukung inovasi dalam infrastruktur untuk meningkatkan kualitas hidup dan ekonomi kota. *Cluster* hijau, yang berhubungan dengan "perencanaan" dan "proyek," menyoroti pentingnya strategi dan penilaian dampak untuk memastikan pembangunan yang berkelanjutan dan memenuhi kebutuhan komunitas, dengan keterlibatan masyarakat sebagai kunci keberhasilan jangka panjang. *Cluster* biru, yang mencakup "sistem" dan "energi terbarukan," menggambarkan tantangan dan peluang dalam integrasi energi terbarukan ke sistem yang ada, menyoroti perdebatan biaya dan manfaat serta pentingnya inovasi teknologi untuk efisiensi. *Cluster* kuning fokus pada "energi" dan "sumber daya," menggarisbawahi pentingnya pengelolaan sumber daya yang efisien untuk keamanan energi, terutama di daerah pedesaan. Interaksi antar kluster menunjukkan bahwa kebijakan lingkungan (dari *cluster* merah) dapat signifikan mempengaruhi integrasi sistem energi dan perencanaan kota, dengan keterlibatan komunitas (dari *cluster* hijau) dalam proyek energi terbarukan (dari *cluster* biru) sebagai faktor penting keberhasilan implementasi.

Berdasarkan data dan analisis yang telah dilakukan, maka terbentuk empat kluster terkait dengan subjek pembahasan UREI, dengan detail masing-masing nilai kluster tersebut pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Detail Informasi Masing-Masing Kluster

| Kluster | Kata Kunci   | Total Tautan | Kekuatan Total Tautan | Kejadian |
|---------|--|--------------|-----------------------|----------|
| 1       | <i>City, development, resource, country, challenge, environment, need, research, issue, sustainability</i>     | 5477         | 455970                | 9073     |
| 2       | <i>Use, building, study, area, approach, project, analysis, planning, impact, policy</i>                       | 5221         | 441768                | 8687     |
| 3       | <i>System, infrastructure, technology, model, renewable energy, cost, generation, grid, emission, solution</i> | 5201         | 425226                | 10020    |
| 4       | <i>Energy, source, sector, production, water, consumption, industry, state, increase, energy demand</i>        | 2123         | 157798                | 3018     |

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Tabel 6 menunjukkan bahwa kluster yang paling sering muncul merupakan kluster tiga, yaitu terkait dengan infrastruktur dan sistem energi terbarukan. Pembahasan terkait subjek tersebut juga berkaitan dengan pembahasan kata kunci lain sebesar 5201 hubungan dengan total kekuatan hubungannya cukup kuat dan berada di urutan ketiga dari total kluster yang ada. Pembahasan infrastruktur dan sistem dalam penerapan energi terbarukan sangat penting, dengan semakin berkembangnya perkotaan secara cepat. Infrastruktur dan sistem yang stabil dapat lebih menjamin keberlanjutan sumber daya energi terbarukan, mendorong pengembangan teknologi, meningkatkan keamanan pengelolaan energi terbarukan, serta dari sisi lain dapat menyediakan lapangan kerja dengan sistem yang ada. Selain itu, pembahasan dari infrastruktur dan sistem juga berkaitan dengan pemanfaatan model, teknologi, dan solusi untuk meminimalkan biaya (*cost*), dan emisi dari penggunaan energi yang ada, serta juga secara cukup signifikan berkaitan dengan pembahasan lainnya terkait dengan UREI.

### 3.6. Prospek dan Tantangan

Pembangunan dengan infrastruktur yang memanfaatkan energi terbarukan saat ini mulai banyak menjadi proyek pembangunan di berbagai kota, wilayah bahkan negara. Salah satunya di Indonesia menargetkan pada tahun 2025 akan mencapai 25% energi terbarukan yang digunakan dalam penyediaan infrastruktur (Kementerian Keuangan, 2022). Mulai pesatnya pembangunan infrastruktur dengan pemanfaatan energi terbarukan ini juga sangat berkaitan dengan kelestarian lingkungan dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (Zhang et al., 2023).



Dengan mulai banyak berkembang pengembangan infrastruktur perkotaan dengan pemanfaatan energi terbarukan juga menjadi salah satu topik yang menjadi hal menarik dibahas dalam suatu penelitian. Dari 998 dokumen atau artikel ilmiah yang diperoleh dari ekstraksi data pada penelitian ini, diketahui berkaitan dengan pengembangan infrastruktur perkotaan dengan energi terbarukan banyak membahas mengenai kata-kata kunci meliputi infrastruktur dan sistem, pembangunan perkotaan, pemanfaatan energi, dan kajian bangunan.

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik yang telah dilakukan diketahui adanya potensi dan tantangan khususnya dalam riset atau penelitian mengenai pembangunan infrastruktur perkotaan dengan memanfaatkan energi terbarukan. Pada beberapa dokumen atau artikel ilmiah banyak membahas mengenai kota (Kaushal & Belt, 2012; Kammen & Sunter, 2016), sistem (Adefarati & Bansal, 2016), infrastruktur ; (Ogden, 2003; Yan et al., 2013; Erol-Kantarci & Mouftah, 2015), energi (Maithel, 2008; Saber & Venayagamoorthy, 2011;) dan pembangunan (Hu et al., 2017), namun sedikit yang membahas terkait pengembangan infrastruktur perkotaan yang memanfaatkan energi terbarukan dengan konsep *smart city*, kapasitas dan skema penyediaan infrastruktur perkotaan dengan energi terbarukan dan mengenai kebijakan penyediaannya. Meninjau adanya hal-hal tersebut maka dapat menjadi potensi dan tantangan penelitian kedepannya terkait penyediaan infrastruktur perkotaan dengan energi terbarukan, untuk membahas mengenai beberapa topik yang masih cukup tertinggal atau jarang dicermati oleh peneliti sebelumnya.

#### 4. KESIMPULAN

Analisis bibliometrik dari aspek *country/region* menunjukkan bahwa negara-negara di Asia dan Afrika menjadi kontributor literatur paling banyak yang menandakan bahwa pengaruh keduanya di bidang pengelolaan infrastruktur energi terbarukan relatif menonjol dibandingkan dengan negara/daerah lain di dunia. Afrika juga memiliki produktivitas tinggi dalam menjalin kerja sama yang kuat dengan Asia sehingga kedepannya dapat memajukan penerapan infrastruktur terbarukan secara global. Dari segi *author analysis*, sejumlah 998 dokumen yang dikaji merupakan kontribusi dari >43 penulis dimana terbentuk 4 *cluster* penulis. Dalam bidang ini, Marilyn A. Brwon menjadi *centroid* dan penulis paling produktif yang memengaruhi penulis lain.

Selanjutnya, ditinjau dari aspek sitasi, jumlah sitasi terbanyak dari artikel ilmiah yaitu 1344 dan membahas penerapan energi terbarukan di masa depan, penerapan *smart grid*, dampak dan efisiensi pemanfaatan energi terbarukan, sistem atau konsep pengembangan infrastruktur dengan pemanfaatan energi terbarukan, dan integras antara energi terbarukan dengan keberlanjutan suatu kota dan kebijakan. Adapun artikel dengan jumlah sitasi terbanyak berasal dari *Journal Energy*, sementara mayoritas teratas 15 artikel lain terbit dari jurnal IEEE.

Berdasarkan *keyword analysis*, ditemukan kata kunci yang paling sering muncul dan dikutip selama tahun rata-rata yaitu terkait dengan "*energy transition*" dan "*smart city*". Sedangkan dari segi *hot research topics analysis*, diketahui bahwa terdapat empat subjek utama yang menjadi pembahasan terkait UREI, antara lain infrastruktur dan sistem, pembangunan perkotaan, pemanfaatan energi, dan kajian bangunan. Berdasarkan *cluster analysis*, terbentuk empat klaster utama berdasarkan data dan analisis yang dilakukan. Dari keempat klaster tersebut, klaster yang membahas terkait dengan infrastruktur dan sistem merupakan klaster dengan kata kunci terbanyak dan hubungan yang cukup signifikan dengan pembahasan lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa pembahasan mengenai infrastruktur dan sistem merupakan pembahasan yang penting dan strategis dalam kajian maupun solusi terkait infrastruktur energi terbarukan

Dalam jangka panjang, terdapat beberapa tantangan dan peluang penelitian yang mungkin dilakukan dalam pengelolaan infrastruktur energi terbarukan terkait bagaimana strategi integrasi infrastruktur dengan energi terbarukan, pengembangan infrastruktur terbarukan dengan konsep *smart city*, kapasitas, skema dan kebijakan penyediaan infrastrukturnya. Dalam perumusan solusi, diperlukan kerja sama *penta-helix* antara pemerintah, akademisi, swasta, masyarakat, dan media massa dalam mengelola tantangan ini. Melalui konsep UREI ini diharapkan dapat mewujudkan kelestarian lingkungan dan pencapaian tujuan

pembangunan berkelanjutan melalui strategi pembangunan rendah karbon serta percepatan transmisi ke ekonomi hijau.

## 5. REFERENSI

- Adefarati, T., & Bansal, R. C. (2016). Integration of Renewable Distributed Generators into the Distribution System: a Review. *IET Renewable Power Generation*, 10(7), 873–884. <https://doi.org/10.1049/IET-RPG.2015.0378>
- Ashtari, A., Bibeau, E., Shahidinejad, S., & Molinski, T. (2012). PEV Charging Profile Prediction and Analysis Based on Vehicle Usage Data. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(1), 341–350. <https://doi.org/10.1109/TSG.2011.2162009>
- Asia Development Bank. (2018). *Strategi 2030: Mencapai Asia dan Pasifik yang Makmur, Inklusif, Tangguh, dan Berkelanjutan*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22617/TCS189401-2>
- Baccioli, A., Bargiacchi, E., Barsali, S., Ciambellotti, A., Fioriti, D., Giglioli, R., & Pasini, G. (2020). Cost Effective Power-to-X Plant Using Carbon Dioxide from a Geothermal Plant to Increase Renewable Energy Penetration. *Energy Conversion and Management*, 226. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113494>
- Baxter, J., Bian, Z., Chen, G., Danielson, D., Dresselhaus, M. S., Fedorov, A. G., Fisher, T. S., Jones, C. W., Maginn, E., Kortshagen, U., Manthiram, A., Nozik, A., Rolison, D. R., Sands, T., Shi, L., Sholl, D., & Wu, Y. (2009). Nanoscale Design to Enable the Revolution in Renewable Energy. *Energy & Environmental Science*, 2(6), 559. <https://doi.org/10.1039/b821698c>
- Begovic, M., Pregelj, A., Rohatgi, A., & Honsberg, C. (2001). *Green Power: Status and Perspectives*.
- Brown, M. A. (2001). Market Failures and Barriers as a Basis for Clean Energy Policies. *Energy Policy*, 29, 1197–1207.
- Bulkeley, H., Castán Broto, V., & Maassen, A. (2014). Low-Carbon Transitions and the Reconfiguration of Urban Infrastructure. *Urban Studies*, 51(7), 1471–1486. <https://doi.org/10.1177/0042098013500089>
- Darabi, Z., & Ferdowsi, M. (2011). Aggregated Impact of Plug-In Hybrid Electric Vehicles on Electricity Demand Profile. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2(4), 501–508. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2011.2158123>
- Du, H., Liu, D., Sovacool, B. K., Wang, Y., Ma, S., & Li, R. Y. M. (2018). Who Buys New Energy Vehicles in China? Assessing Social-Psychological Predictors of Purchasing Awareness, Intention, and Policy. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.05.008>
- East-West Center. (2019). *Challenges for US-Japan Collaboration on Southeast Asia's Energy Infrastructure | East-West Center | www.eastwestcenter.org*. <https://www.eastwestcenter.org/publications/opportunities-and-challenges-us-japan-collaboration-southeast-asia%E2%80%99s-infrastructure>
- Erol-Kantarci, M., & Mouftah, H. T. (2015). Energy-Efficient Information and Communication Infrastructures in the Smart Grid: A Survey on Interactions and Open Issues. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 17(1), 179–197. <https://doi.org/10.1109/COMST.2014.2341600>
- Heinen, S., Hewicker, C., Jenkins, N., McCalley, J., O'Malley, M., Pasini, S., & Simoncini, S. (2017). Unleashing the Flexibility of Gas: Innovating Gas Systems to Meet the Electricity System's Flexibility Requirements. *IEEE Power and Energy Magazine*, 15(1), 16–24. <https://doi.org/10.1109/MPE.2016.2621838>
- Hoicka, C. E., Conroy, J., & Berka, A. L. (2021). Reconfiguring Actors and Infrastructure in City Renewable Energy Transitions: a Regional Perspective. *Energy Policy*, 158, 112544. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2021.112544>
- Hu, H., Xue, W., Jiang, P., & Li, Y. (2022). Bibliometric Analysis for Ocean Renewable Energy: an Comprehensive Review for Hotspots, Frontiers, and Emerging Trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 167, 112739. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112739>
- Hu, X., Zou, C., Zhang, C., & Li, Y. (2017). Technological Developments in Batteries: A Survey of Principal Roles, Types, and Management Needs. *IEEE Power and Energy Magazine*, 15(5), 20–31. <https://doi.org/10.1109/MPE.2017.2708812>
- International Institute for Sustainable Development. (2017, May 31). Sustainable Energy Finance Update: Infrastructure Central to Renewable Energy Deployment and Access. SDG Knowledge Hub. Retrieved March 14, 2023, from <https://sdg.iisd.org/news/sustainable-energy-finance-update-infrastructure-central-to-renewable-energy-deployment-and-access/>
- International Energy Agency. (2021). *Net Zero by 2050 - a Roadmap for the Global Energy Sector*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4719e321-6d3d-41a2-bd6b-461ad2f850a8/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf>
- Kammen, D. M., & Sunter, D. A. (2016). City-Integrated Renewable Energy for Urban Sustainability. *Science*, 352(6288), 922–928. <https://doi.org/10.1126/science.aad9302>
- Kaushal, S. S., & Belt, K. T. (2012). The Urban Watershed Continuum: Evolving Spatial and Temporal Dimensions. *Urban Ecosystems*, 15(2), 409–435. <https://doi.org/10.1007/s11252-012-0226-7>



- Kementerian Keuangan. (2022, July 26). *Bauran Energi Baru Terbarukan Ditargetkan 23 Persen di 2025*. Kementerian Keuangan Republik Indonesia. [https://www.djkn.kemenkeu.go.id/berita\\_media/baca/13240/Bauran-Energi-Baru-Terbarukan-Ditargetkan-23-Persen-di-2025.html](https://www.djkn.kemenkeu.go.id/berita_media/baca/13240/Bauran-Energi-Baru-Terbarukan-Ditargetkan-23-Persen-di-2025.html)
- Kurtz, J., Peters, M., Muratori, M., & Gearhart, C. (2018). Renewable Hydrogen-Economically Viable: Integration into the U.S. Transportation Sector. *IEEE Electrification Magazine*, 6(1), 8–18. <https://doi.org/10.1109/MELE.2017.2784631>
- Lalor, G., Mullane, A., & O'Malley, M. (2005). Frequency Control and Wind Turbine Technologies. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20(4), 1905–1913. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2005.857393>
- Li, K., & Lin, B. (2016). Impact of Energy Conservation Policies on the Green Productivity in China's Manufacturing Sector: Evidence from a Three-Stage DEA Model. *Applied Energy*, 168, 351–363. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.104>
- Liang, X., Lettenmaier, D. P., Wood, E. F., & Burges, S. J. (1994). A simple Hydrologically Based Model of Land Surface Water and Energy Fluxes for General Circulation Models. *Journal of Geophysical Research*, 99(D7). <https://doi.org/10.1029/94jd00483>
- Liu, Q., Cheng, K., & Zhuang, Y. (2022). Estimation of City Energy Consumption in China Based on Downscaling Energy Balance Tables. *Energy*, 256, 124658. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2022.124658>
- Loeb, S. K., Alvarez, P. J. J., Brame, J. A., Cates, E. L., Choi, W., Crittenden, J., Dionysiou, D. D., Li, Q., Li-Puma, G., Quan, X., Sedlak, D. L., David Waite, T., Westerhoff, P., & Kim, J. H. (2019). The Technology Horizon for Photocatalytic Water Treatment: Sunrise or Sunset? *Environmental Science and Technology*, 53(6), 2937–2947. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05041>
- Maithel, S. (2008). Energy Efficiency and Renewable Energy: Summary of Presentations and Discussions. *Sage Journals*, 44(1), 53–55. [https://doi.org/10.1177/000944550704400107/ASSET/000944550704400107.FP.PNG\\_V03](https://doi.org/10.1177/000944550704400107/ASSET/000944550704400107.FP.PNG_V03)
- Markard, J. (2018). The Next Phase of the Energy Transition and its Implications for Research and Policy. *Nature Energy*, 3(8), 628–633. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0171-7>
- Ogden, J. M. (2003). Prospects for Building a Hydrogen Energy Infrastructure. *Annual Review of Energy and the Environment*, 24, 227–279. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.ENERGY.24.1.227>
- Pandit, R., & Laband, D. N. (2010). A Hedonic Analysis of the Impact of Tree Shade on Summertime Residential Energy Consumption. In *Arboriculture & Urban Forestry* (Vol. 36, Issue 3).
- Rigter, J., Saygin, D., & Kieffer, G. (2016). *Renewable Energy in Cities*. <https://www.irena.org/publications/2016/Oct/Renewable-Energy-in-Cities>
- Romero-Lankao, P., & Dodman, D. (2011). Cities in Transition: Transforming Urban Centers from Hotbeds of GHG Emissions and Vulnerability to Seedbeds of Sustainability and Resilience. Introduction and Editorial overview. In *Current Opinion in Environmental Sustainability* (Vol. 3, Issue 3, pp. 113–120). <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.02.002>
- Saber, A. Y., & Venayagamoorthy, G. K. (2011). Plug-In Vehicles and Renewable Energy Sources for Cost and Emission Reductions. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 58(4), 1229–1238. <https://doi.org/10.1109/TIE.2010.2047828>
- Salak, B., Kienast, F., Olschewski, R., Spielhofer, R., Wissen Hayek, U., Grêt-Regamey, A., & Hunziker, M. (2022). Impact on the Perceived Landscape Quality through Renewable Energy Infrastructure. A Discrete Choice Experiment in the Context of the Swiss energy Transition. *Renewable Energy*, 193, 299–308. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2022.04.154>
- Sovacool, B. K. (2016). Differing Cultures of Energy Security: an International Comparison of Public Perceptions. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 55, pp. 811–822). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.144>
- Sudarmawan. (2015). Sumber Informasi dan Pengumpulan Data. *Semantic Scholar*.
- Turner, J. A. (1999). A Realizable Renewable Energy Future. *Science*, 285(5428), 687–689. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.285.5428.687>
- United Nations. (2020). *World Economic Situation and Prospects*. United Nations. [https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP2020\\_FullReport.pdf](https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP2020_FullReport.pdf)
- United Nations Conference on Trade and Development. (2021). *World Investment Report Investing In Sustainable Recovery*. United Nations. [https://unctad.org/system/files/official-document/wir2021\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/wir2021_en.pdf)
- Williams, E., Carvalho, R., Hittinger, E., & Ronnenberg, M. (2020). Empirical Development of Parsimonious Model for International Diffusion of Residential Solar. *Renewable Energy*, 150, 570–577. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.101>

- Won, J., & Jung, M. C. (2023). Does Compact Development Mitigate Urban Thermal Environments? Influences of Smart Growth Principles on Land Surface Temperatures in Los Angeles and Portland. *Sustainable Cities and Society*, 90, 104385. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.104385>
- World Bank. (2022, October 6). *Urban Development Overview*. <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview#1>
- Yan, Y., Qian, Y., Sharif, H., & Tipper, D. (2013). A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 15(1), 5–20. <https://doi.org/10.1109/SURV.2012.021312.00034>
- Yana, S., Nizar, M., & Yulisma, A. (2021). Prospek Utama Pengembangan Energi Terbarukan di Negara-Negara ASEAN. *Serambi Engineering*, VI(2). <http://www.erranet.org/OtherActivitie>
- Yang, G., Zhang, G., Cao, D., Zha, D., & Su, B. (2023). China's Ambitious Low-Carbon Goals Require Fostering City-Level Renewable Energy Transitions. *IScience*, 106263. <https://doi.org/10.1016/J.ISCI.2023.106263>
- Zhang, Z., Zhao, Y., Cai, H., & Ajaz, T. (2023). Influence of Renewable Energy Infrastructure, Chinese Outward FDI, and Technical Efficiency on Ecological Sustainability in Belt and Road Node Economies. *Renewable Energy*, 205, 608–616. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2023.01.060>
- Zou, H., Du, H., Brown, M. A., & Mao, G. (2017). Large-Scale PV Power Generation in China: A Grid Parity and Techno-Economic Analysis. *Energy*, 134, 256–268. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.192>