

Energi Terbarukan dan Kota Berkelanjutan: Tren Penelitian Global dalam 30 Tahun Terakhir (1991-2021)

Ainun Hasanah^{1,*} dan Muhammad Farouk Setiawan²

¹Urban and Rural Planning Department, School of Urban Design, Wuhan University, P.R.China

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia

*) *Corresponding author:* ainunhasanah2011@outlook.com

Abstract

Energy issues have become a crucial issue in the last few decades. The city is the center of all systems requiring energy in every sector. Combining renewable energy and sustainable cities can show the relationship between the two elements in overcoming complex problems caused by climate change and global warming. This study uses bibliometric analysis with CiteSpace tools to understand the current conditions and research trends on renewable energy and sustainable cities in the last 30 years (1991-2021) from the Web of Science (WoS) database. The results show the actual conditions related to renewable energy and sustainable cities based on the number of annual publications, countries, institutions, and keywords used. The study results also show that the topic analyzed has passed through two critical phases in the last three decades: transition (2009-2017) and development (2018-2021). By using keywords as indicators, each phase shows its characteristics. Keywords also show the evolution and changing trends that occur from time to time and topic clusters formed on renewable energy and sustainable cities. This study can provide an overview of important issues in renewable energy and sustainable cities during 1990-2021 that can be considered for future research.

Abstrak

Permasalahan energi menjadi isu krusial dalam beberapa dekade terakhir. Kota menjadi pusat segala sistem membutuhkan energi dalam setiap sektornya. Kombinasi antara konsep energi terbarukan dan kota berkelanjutan dapat menunjukkan keterkaitan antara kedua elemen tersebut dalam mengatasi permasalahan yang kompleks akibat dampak perubahan iklim dan pemanasan global. Studi ini menggunakan analisis bibliometrik dengan perangkat lunak *CiteSpace* untuk memahami kondisi terkini dan tren riset tentang energi terbarukan dan kota berkelanjutan dalam 30 tahun terakhir (1991-2021) dari basis data *Web of Science (WoS)*. Hasil analisis menunjukkan kondisi aktual terkait topik energi terbarukan dan kota berkelanjutan berdasarkan jumlah publikasi tahunan, negara, institusi dan kata kunci yang digunakan pada setiap artikel. Hasil studi juga menunjukkan bahwa dalam tiga dekade terakhir, topik yang dianalisis telah melewati dua fase penting, yaitu fase transisi (2009-2017) dan fase perkembangan (2018-2021). Dengan menggunakan kata kunci sebagai indikator analisis, masing-masing fase menunjukkan karakteristik tersendiri. Kata kunci juga menunjukkan evolusi dan perubahan tren yang terjadi dari waktu ke waktu serta kluster-kluster topik yang terbentuk dalam topik energi terbarukan dan kota berkelanjutan. Studi ini dapat memberikan gambaran tentang isu-isu penting di bidang energi terbarukan dan kota berkelanjutan selama periode 1990-2021 yang dapat dijadikan pertimbangan untuk riset di masa mendatang.

Kata kunci: *bibliometric analysis, renewable energy, sustainable city*

PENDAHULUAN

Energi menjadi elemen penting yang berdampak terhadap segala aktivitas di kawasan perkotaan, termasuk sektor ekonomi, industri, transportasi, infrastruktur, permukiman, lingkungan dan keadilan sosial [1]. Permasalahan yang berkaitan dengan perubahan iklim dan pemanasan global telah memberikan perspektif baru dalam melihat konsumsi energi di kota, khususnya untuk tujuan pengurangan emisi gas rumah kaca [2]. Kesadaran dan penerimaan masyarakat terhadap energi terbarukan semakin meningkat dan berdampak positif terhadap penggunaannya [3]. Oleh sebab itu, energi yang bersumber dari sumber daya tak terbarukan seperti minyak, gas dan bahan bakar fosil perlahan mulai tergantikan dengan berbagai inovasi teknologi ramah lingkungan. Beberapa jenis energi terbarukan telah diterapkan di berbagai negara di dunia, seperti: energi matahari di Masdar City, Abu Dhabi [4]; PV surya dan pompa pans bumi, di berbagai kota di China [5]; energi dari limbah di beberapa provinsi di Turki dan kota Chittagong, Bangladesh [6, 7]; dan energi multisumber (angin-surya-panas bumi-tenaga air) yang digunakan Ebino City, Jepang dan 53 kota di Amerika Utara [8, 9].

Kota berkelanjutan menjadi salah satu konsep yang melibatkan komponen energi dalam penerapannya. Energi berkelanjutan, kota netral karbon, dan transportasi berkelanjutan merupakan bagian dari inti perencanaan kota berkelanjutan abad ini [10]. Penggunaan energi terbarukan dan pengurangan konsumsi energi menjadi kunci perencanaan kota berkelanjutan sekaligus bertujuan untuk menjaga keberlanjutan ekologis dan aspek sosial di kota [11, 12]. Pembangunan kota berkelanjutan bahkan telah menggabungkan energi dengan kecanggihan teknologi yang beriringan dengan pengembangan kota cerdas [13-15]. Konsep kota berkelanjutan dan energi terbarukan menjadi dua hal yang tidak dapat terpisahkan dalam mengatasi permasalahan perubahan iklim dan pemanasan global dalam skala perkotaan. Keduanya memiliki tujuan yang sama sekaligus saling terintegrasi satu sama lain. Tanpa energi terbarukan, penerapan kota berkelanjutan tidak dapat dicapai secara maksimal [16]. Oleh sebab itu, untuk lebih memahami keterkaitan antara energi terbarukan dan kota berkelanjutan, perlu dilakukan analisis bibliometrik.

Analisis bibliometrik menjadi salah satu metode *review* literatur yang memanfaatkan kecanggihan teknologi. Pemanfaatan berbagai basis data yang tersedia, seperti *Web of Science*, *Scopus*, dan *Google Scholar* menjadi lebih maksimal dalam analisis bibliometrik karena basis data tersebut mencakup segala bidang ilmu [17, 18]. Analisis bibliometrik memanfaatkan berbagai perangkat lunak, seperti *CiteSpace*, *VOSviewer*, *Pajek*, *Bibliometrix R*, *Gephi*, *Sci2*, *SciMat*, *BibExcel*, dan sebagainya [19-21]. *CiteSpace* menjadi salah satu perangkat lunak yang populer untuk analisis bibliometrik karena berbagai keunggulan yang dimiliki, antara lain: hasil analisis yang komprehensif, dapat digunakan untuk segala jenis bidang ilmu, dapat menganalisis banyak data dari berbagai basis data, memiliki *tools* yang beragam, dan menghasilkan visualisasi yang menarik dan detail [22-26].

Analisis bibliometrik dengan *CiteSpace* dalam studi ini digunakan untuk menjawab beberapa pertanyaan berikut:

1. Bagaimana status riset di bidang energi terbarukan dan kota berkelanjutan selama 30 tahun terakhir (1991-2021)?
2. Topik apa saja yang muncul dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan selama periode tersebut?
3. Bagaimana tren dan perbandingan dari waktu ke waktu terkait energi terbarukan dan kota berkelanjutan jika dilihat dari indikator kata kunci yang digunakan pada *dataset*?

Artikel ini terdiri dari beberapa bagian, antara lain pendahuluan, metode penelitian, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan. Bagian pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, dan pendekatan yang digunakan untuk menjawab permasalahan tersebut. Bagian kedua, yaitu metode

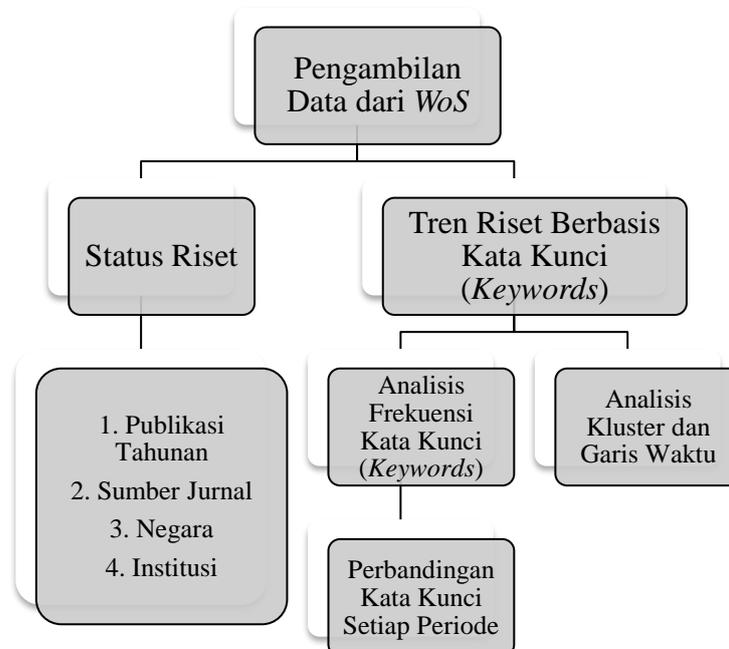
penelitian berisi sumber data, serta proses analisis yang dilakukan terhadap data yang diperoleh. Bagian hasil dan pembahasan sebagai bagian inti berisi status riset dan tren perkembangan dalam topik energi terbarukan dan kota berkelanjutan selama periode 1991-2021. Bagian terakhir adalah kesimpulan yang menjawab rumusan masalah dan merangkum temuan-temuan utama dalam studi.

METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan metode analisis bibliometrik yang menggunakan *CiteSpace* 5.8.R3. Basis data yang digunakan adalah *Web of Science (WoS)*. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 10 Mei 2022 dengan menerapkan teknik *Boolean Search*, yaitu menggunakan “AND” atau “OR”. Strategi pencarian mencakup topik (TS), judul (TI), kata kunci (AK), tahun publikasi (PY), bahasa dan jenis dokumen. Berikut strategi pencarian pada basis data *WoS*:

TS (<i>topic search</i>)	: <i>renewable energy and sustainable city</i>
TI (<i>title</i>)	: <i>renewable energy OR energy AND sustainable city OR sustainable cities</i>
AK (<i>author keywords</i>)	: <i>renewable energy OR energy OR sustainable city OR sustainable cities OR sustainability OR energy efficient OR sustainable development OR wind energy OR solar energy OR hydropower</i>
PY (<i>publication year</i>)	: 1991-2021
Bahasa (<i>language</i>)	: <i>English</i>
Jenis Dokumen (<i>document type</i>)	: <i>Article</i>

Data awal yang diperoleh dari hasil pencarian berjumlah 104. Berdasarkan hasil penyaringan secara manual terhadap data awal diperoleh 4 artikel yang tidak relevan dengan topik, sehingga data yang digunakan untuk analisis bibliometrik berjumlah 100 artikel. Proses yang dilakukan dalam studi ini terdiri dari beberapa tahap, seperti yang terdapat pada Gambar 1.



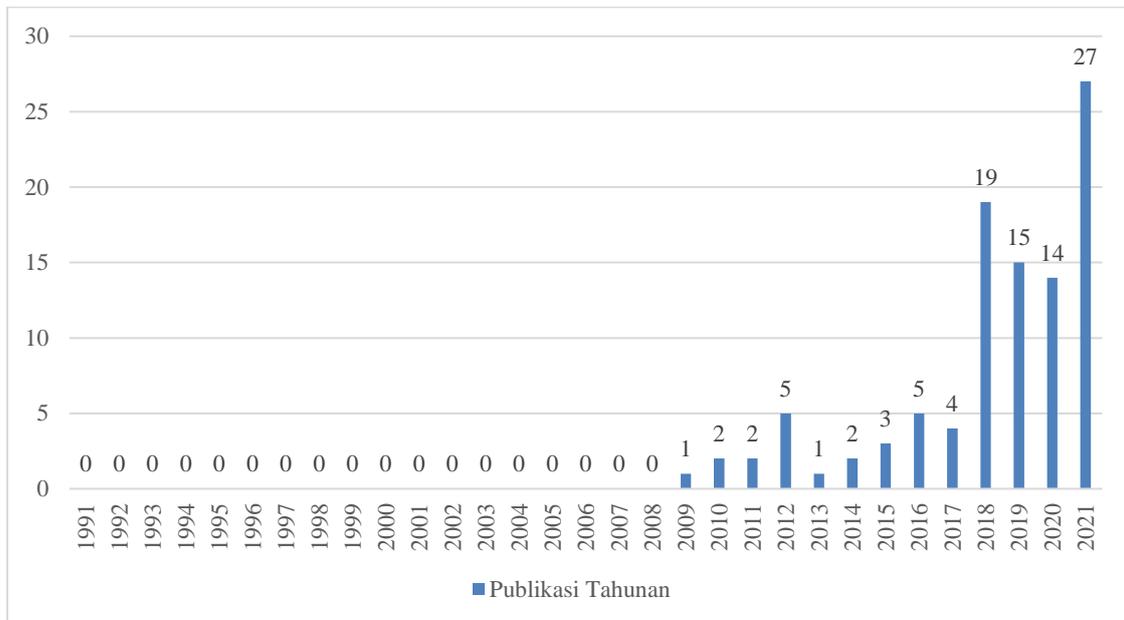
Gambar 1. Kerangka Analisis Bibliometrik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status Riset

Publikasi Tahunan

Status riset terkait energi terbarukan dan kota berkelanjutan dapat dilihat dari jumlah publikasi tahunan sejak tahun 1991-2021. Gambar 2 menunjukkan tren publikasi tahunan topik energi terbarukan dan kota berkelanjutan.

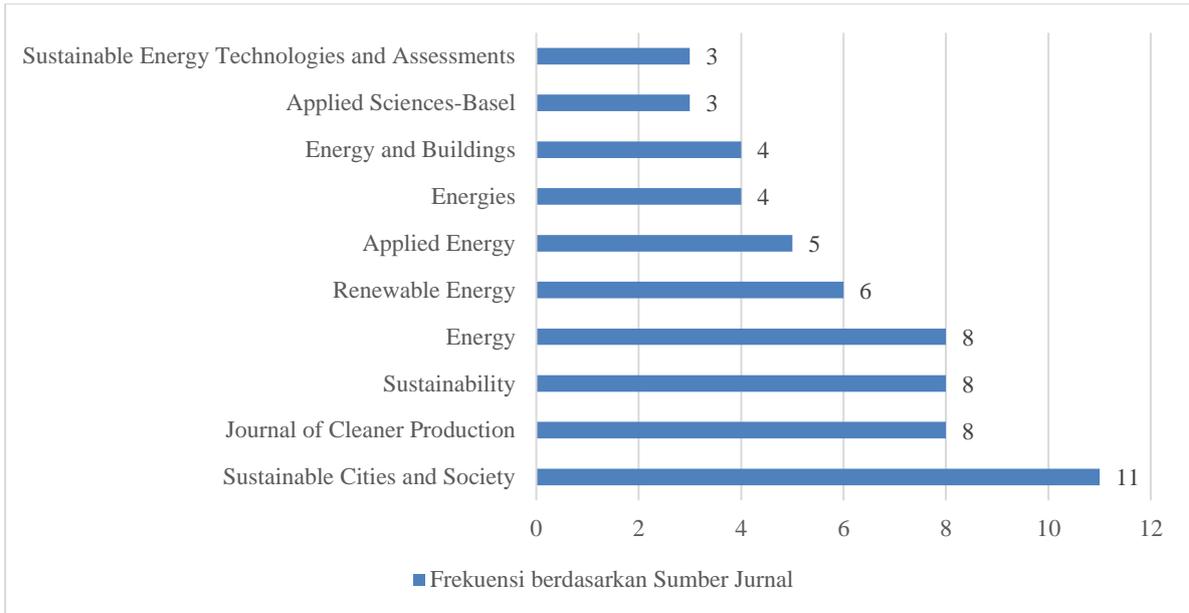


Gambar 2. Publikasi Tahunan pada Topik Energi Terbarukan & Kota Berkelanjutan

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, artikel yang terpublikasi terkait topik cenderung fluktuatif dari tahun ke tahun. Pada gambar terlihat bahwa pada tahun 1991-2008 jumlah publikasi masih berada pada angka 0 yang berarti belum ada publikasi yang spesifik membahas topik tersebut pada basis data *WoS* dan menunjukkan isu tersebut belum menjadi topik hangat pada periode tersebut. Sejak tahun 2009 sampai 2021 terlihat kemajuan yang cukup signifikan pada topik riset tersebut. Jika dilihat dari periode 2009-2021, tren publikasi di bidang energi terbarukan dan kota berkelanjutan dapat dibagi menjadi 2 fase penting, yaitu fase transisi (2009-2017) dan fase perkembangan (2018-2021). Fase transisi menjadi fase perpindahan dari periode sebelum tahun 2009 yang memiliki jumlah publikasi 0, dan setelah 2009 mulai bermunculan artikel-artikel yang membahas topik energi terbarukan dan kota berkelanjutan. Fase transisi mencakup 25 artikel atau 25% dari total publikasi yang dianalisis. Fase perkembangan (2018-2021) menunjukkan kemajuan yang pesat terkait riset di bidang tersebut, dengan jumlah publikasi 75 artikel atau 75% dari total publikasi. Berdasarkan grafik publikasi tahunan, kombinasi energi terbarukan dan kota berkelanjutan cenderung menjadi topik yang baru dan sedang menjadi hot topik dalam 5 tahun terakhir.

Sumber Jurnal

Sejak tahun 1991-2021, terdapat 10 sumber jurnal produktif yang membahas topik energi terbarukan dan kota berkelanjutan seperti yang terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Frekuensi Publikasi berdasarkan Sumber Jurnal

10 sumber jurnal yang memiliki frekuensi tertinggi menempati 60% dari total publikasi. Sumber jurnal paling produktif secara berurutan, antara lain *Sustainable Cities and Society* (11%), *Journal of Cleaner Production* (8%), *Sustainability* (8%), dan *Energy* (8%). Jurnal-jurnal yang berada pada urutan teratas berada di bawah naungan penerbit terkenal dan bereputasi, seperti: *Elsevier* dan *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*.

Negara

Distribusi publikasi berdasarkan negara dapat dianalisis dengan opsi “country” pada perangkat lunak *CiteSpace*. Negara yang memiliki kontribusi paling signifikan terhadap topik riset digambarkan dengan ukuran penamaan yang lebih besar, seperti yang terdapat pada Gambar 4. Hubungan kerja sama antar negara ditunjukkan oleh garis-garis penghubung.



Gambar 4. Kolaborasi berdasarkan Negara

Berdasarkan hasil analisis diperoleh beberapa negara yang berada pada urutan teratas sebagai kontributor di bidang energi terbarukan dan kota berkelanjutan selama periode 1991-2021. Negara-negara pada 10 posisi teratas dan frekuensi publikasinya, sebagai berikut: *People’s Republic of China* (14), *Italy* (10), *Canada* (9), *England* (8), *Turkey* (7), *Spain* (6), *USA* (6), *Poland*

(5), *Denmark* (5), dan *Germany* (4). Selain itu, negara-negara lain juga memiliki kontribusi dalam riset di bidang energi terbarukan dan kota berkelanjutan, meski dalam kuantitas yang lebih sedikit. China sebagai salah satu negara yang sedang gencar melakukan pembangunan *low-carbon city* berjalan beriringan dengan topik energi terbarukan dan kota berkelanjutan. China juga telah memprioritaskan program transisi energi pada skala kota untuk mendukung mitigasi perubahan iklim [27]. Selain itu, keterlibatan dan kesadaran komunitas perkotaan juga menjadi pertimbangan penting [28]. Oleh sebab itu, China menjadi negara dengan frekuensi publikasi tertinggi untuk topik energi terbarukan dan kota berkelanjutan.

Institusi

Status riset energi terbarukan dan kota berkelanjutan dapat dilihat dari institusi yang terlibat dalam riset. Perangkat lunak *CiteSpace* dapat menunjukkan keterlibatan berbagai institusi yang menjadi asal penulis artikel dengan menggunakan opsi “*institution*” pada pengaturan *CiteSpace*. Sama seperti negara, institusi yang memiliki frekuensi publikasi tertinggi akan digambarkan dengan ukuran huruf yang lebih besar, sementara hubungan antar institusi ditunjukkan oleh garis-garis penghubung seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kolaborasi berdasarkan Institusi

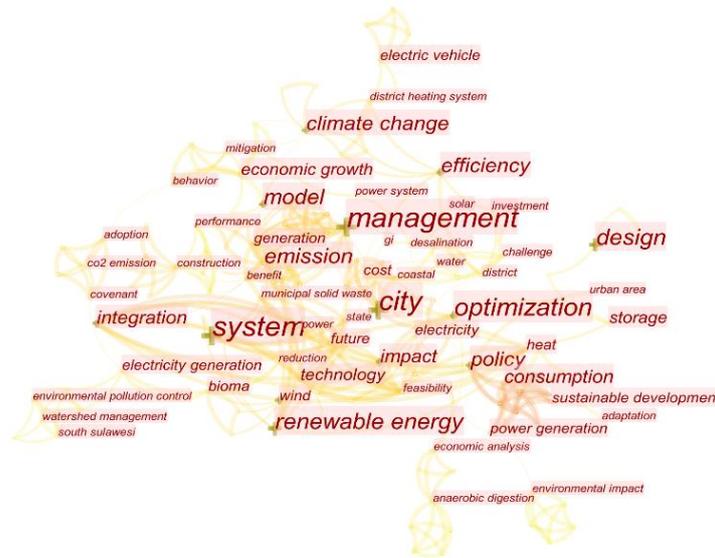
Hasil analisis *CiteSpace* terhadap institusi menunjukkan beberapa universitas di berbagai negara turut berkontribusi signifikan dalam riset energi terbarukan dan kota berkelanjutan. Nama institusi dan frekuensi publikasinya, sebagai berikut: *University of Regina, Canada* (4), *Beijing Normal University, China* (4), *University of Belgrade, Serbia* (3), *Shanghai Jiao Tong University, China* (2), dan *Zhengzhou University, China* (2). Universitas-universitas tersebut berada pada urutan 5 teratas sebagai institusi dengan kontribusi tertinggi pada *dataset*. Pada dasarnya, riset energi terbarukan dan kota berkelanjutan melibatkan lebih dari 100 universitas dan institusi di berbagai dunia yang berkolaborasi, meski dengan frekuensi di bawah 2.

Tren Riset Berbasis Kata Kunci (*Keywords*)

Jaringan dan Frekuensi Kata Kunci

Kata kunci pada artikel riset dapat menunjukkan konteks yang didiskusikan pada artikel tersebut. Dengan kata lain, penggunaan kata kunci memiliki peran yang dominan untuk mengetahui *hotspot* pada artikel tersebut. *CiteSpace* dapat menganalisis dan memvisualisasikan distribusi frekuensi dan jaringan yang terbentuk dari kata kunci yang digunakan pada artikel-artikel yang dianalisis. Analisis *CiteSpace* untuk kata kunci dilakukan dengan memilih opsi “*keyword*” pada pengaturan perangkat lunak. Hasil analisis dan visualisasi kata kunci dapat ditunjukkan pada Gambar 5, dimana kata kunci yang memiliki ukuran lebih besar menunjukkan

frekuensi yang lebih tinggi, sementara garis-garis penghubung menunjukkan keterkaitan antar kata kunci atau penggunaan kata kunci secara bersamaan pada satu artikel riset.



Gambar 5. Jaringan Kata Kunci Tahun 1990-2021

Berdasarkan hasil analisis terhadap kata kunci diperoleh 166 kata kunci yang digunakan pada data artikel yang dianalisis. Kata kunci tersebut sangat beragam, namun memiliki frekuensi yang kecil sehingga terbentuk jaringan kata kunci yang bersifat menyebar seperti yang terlihat pada Gambar 5. Selama periode 1990-2021, terdapat 30 kata kunci yang memiliki frekuensi tertinggi digunakan dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan, antara lain: *system* (15), *management* (15), *city* (14), *optimization* (10), *design* (8), *renewable energy* (8), *emission* (7), *model* (7), *policy* (6), *efficiency* (6), *climate change* (6), *integration* (5), *impact* (5), *consumption* (5), *storage* (4), *economic growth* (4), *technology* (4), *power generation* (3), *electric vehicle* (3), *electricity generation* (3), *wind* (3), *sustainable development* (3), *generation* (3), *electricity* (3), *future* (3), *cost* (3), *bioma* (3), *heat* (3), dan *water* (2).

Dari beberapa kata kunci dengan frekuensi tertinggi terlihat hubungan yang terbentuk antara topik energi terbarukan dan kota berkelanjutan dapat dikelompokkan ke dalam 4 sub topik, yaitu:

- Energi dan pemerintahan kota, yang ditunjukkan dengan penggunaan kata kunci, seperti: *system*, *management*, *model*, dan *policy*.
- Energi dan pemanfaatannya, yang menggunakan kata kunci, antara lain: *economic growth*, *electricity generation*, *generation*, *electricity*, *electric vehicle*, *power generation*, *technology*, *cost*, *efficiency*, *integration*, *optimization* dan *consumption*.
- Energi dan pembangunan kota berkelanjutan, yang menggunakan kata kunci, seperti: *climate change*, *impact*, *emission*, *sustainable development*, *future*, *storage* dan *design*.
- Energi, sumber daya dan elemen alami, yang ditunjukkan dengan penggunaan kata kunci, antara lain: *wind*, *water*, *heat*, dan *bioma*.

Perbandingan Kata Kunci Setiap Periode

Perubahan kata kunci yang digunakan dari waktu ke waktu dapat menunjukkan evolusi topik dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan. Studi ini juga menganalisis 15 kata kunci yang memiliki frekuensi tertinggi berdasarkan periode waktu, yaitu fase transisi (2009-2017), fase perkembangan (2018-2021), dan periode utuh (1990-2021). Perbandingan kata kunci pada masing-masing periode ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. 15 Kata Kunci dengan Frekuensi Tertinggi berdasarkan Periode

Kata Kunci (2009-2017)	Frekuensi	Kata Kunci (2018-2021)	Frekuensi	Kata Kunci (1990-2021)	Frekuensi
management	4	city	12	system	15
system	3	system	12	management	15
emission	3	management	11	city	14
generation	3	optimization	9	optimization	10
model	3	design	8	design	8
renewable energy	2	renewable energy	6	renewable energy	8
impact	2	efficiency	6	emission	7
municipal solid waste	2	climate change	6	model	7
state	2	policy	5	policy	6
future	2	emission	4	efficiency	6
integration	2	storage	4	climate change	6
power	2	model	4	integration	5
technology	2	economic growth	4	impact	5
city	2	consumption	4	consumption	5
canada	1	electric vehicle	3	storage	4

Berdasarkan hasil komparasi dari 15 kata kunci teratas diperoleh 6 kata kunci yang digunakan secara berulang dalam tiga periode yang ditinjau, seperti: *management*, *system*, *emission*, *model*, *renewable energy*, dan *city*. Keberadaan kata kunci yang berulang tersebut menunjukkan bahwa dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan, keenam kata kunci tersebut cenderung menjadi konteks yang dominan dibahas dari waktu ke waktu dan tidak berubah.

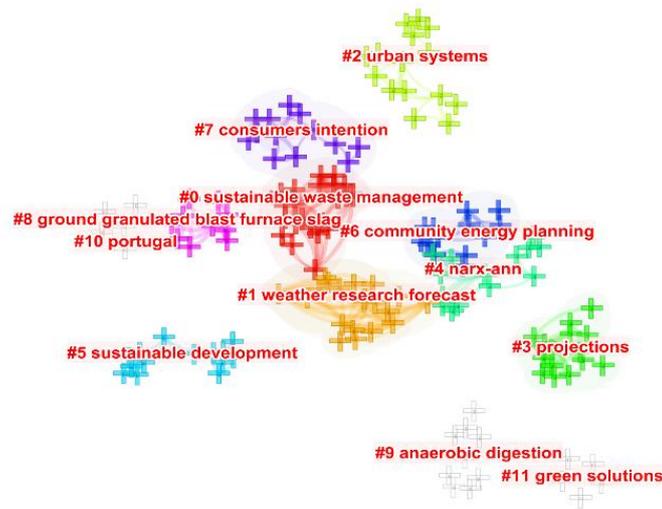
Dari perbandingan ketiga periode, kata kunci yang berada di urutan 15 teratas untuk periode 1990-2021 semuanya dapat ditemukan pada fase transisi (2009-2017) dan fase perkembangan (2018-2021). Jika fase transisi dan fase perkembangan dibandingkan, terjadi perubahan kata kunci yang digunakan pada kedua fase tersebut. Pada periode 2009-2017, kata kunci seperti: *generation*, *impact*, *municipal solid waste*, *state*, *future*, *integration*, *power*, *technology* dan *canada* termasuk dalam urutan 15 kata kunci teratas. Namun, pada periode 2018-2021 kata-kata kunci tersebut tidak muncul kembali di urutan teratas, dan tergantikan dengan kata kunci berikut: *optimization*, *design*, *efficiency*, *climate change*, *policy*, *storage*, *economic growth*, *consumption*, dan *electric vehicle*. Perbedaan pada kedua fase tersebut menunjukkan adanya perubahan tren *hotspot* dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan selama tiga dekade terakhir.

Kluster dan Garis Waktu Kata Kunci

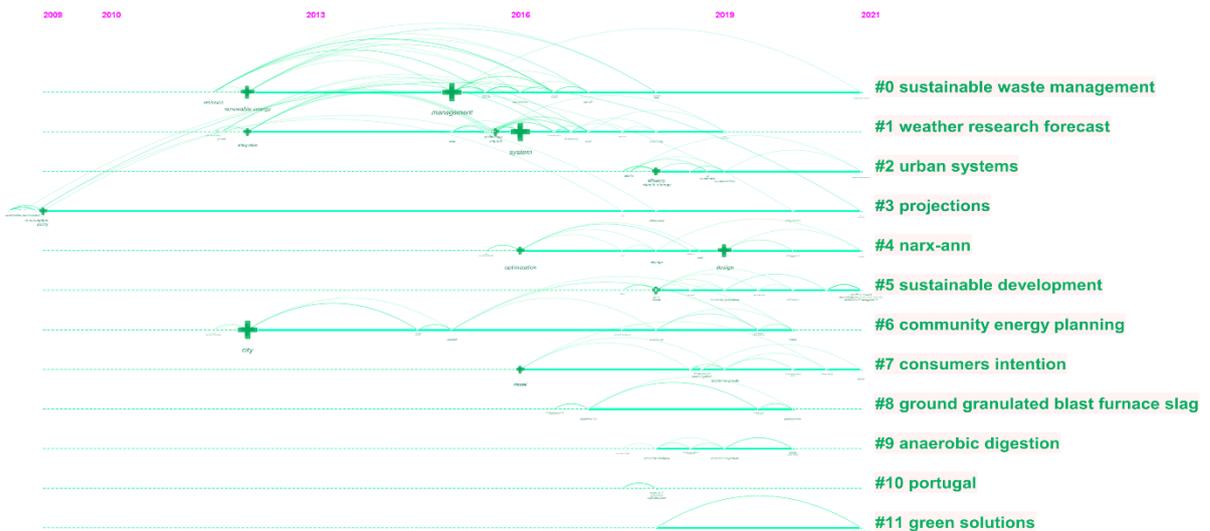
Analisis terhadap kata kunci tidak hanya dapat dilakukan dengan melihat frekuensinya, tetapi juga kluster yang terbentuk dari kata-kata kunci yang digunakan. Perangkat lunak *CiteSpace* dapat menghasilkan visualisasi kluster yang terbentuk dari kata kunci yang digunakan pada artikel-artikel yang dianalisis. Kluster-kluster yang terbentuk dari semua kata kunci dapat menunjukkan keunikan dan topik yang dibahas dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan selama periode 1990-2021. Visualisasi kluster kata kunci ditunjukkan pada Gambar 6.

Berdasarkan hasil analisis, semua kata kunci dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan membentuk 12 kluster, yaitu: #0 *sustainable waste management*, #1 *weather research forecast*, #2 *urban systems*, #3 *projections*, #4 *narx-ann (non-linear autoregressive artificial neural network)*, #5 *sustainable development*, #6 *community energy planning*, #7 *consumers intention*, #8 *ground granulated blast furnace slag*, #9 *anaerobic digestion*, #10 *portugal*, dan #11 *green solutions*. Pada gambar 6 terlihat bahwa kluster-kluster yang terbentuk dari kata kunci cenderung terpusat dan saling terkait satu sama lain. Hal ini menunjukkan adanya keterkaitan yang erat antara satu kluster dengan kluster yang lain dalam topik energi terbarukan

dan kota berkelanjutan. Selain itu, 12 kluster tersebut dapat dilihat dari garis waktu atau periode perkembangannya, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Kluster Kata Kunci Tahun 1990-2021



Gambar 7. Garis Waktu Kata Kunci Tahun 1990-2021

Garis waktu kluster menunjukkan kluster nomor #0, #2, #3, #4, #5, #7, dan #11 masih berlangsung sampai dengan tahun 2021. Sementara kluster nomor #1, #6, #8, #9, #10 periodenya berakhir sebelum tahun 2021. Kluster yang memiliki periode terpanjang adalah kluster #3, kemudian diikuti dengan kluster #0. Kluster dengan periode terpendek adalah kluster #10.

Kluster kata kunci dapat ditinjau dari analisis nilai *silhouette*, *size*, dan *representative terms* yang dihasilkan dari *CiteSpace*. Nilai *silhouette*, *size*, dan *representative terms* dari masing-masing kluster ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Informasi Kluster Kata Kunci

ID kluster	size	silhouette	representative terms
0	23	0.953	<i>thermal energy, infrastructure and environment, small community, bayesian forecasting</i>
1	20	0.784	<i>software, japan, computer architecture, electricity production</i>
2	15	0.902	<i>smart energy systems, environment systems, city index, resource-use policy</i>
3	15	0.988	<i>generation, ahp, turkey, city</i>
4	14	0.948	<i>p2h power to heat, sustainable urban energy transition, fuzzy controller, renewable energy integration</i>
5	14	0.983	<i>homer software, community empowerment, slum settlement, biomass</i>
6	13	0.993	<i>town & city planning, buildings structures & design, renewable energy education, reipp (renewable energy independent power producer programme)</i>
7	13	0.828	<i>renewable energies, municipal scale energy system, correlation, mann-whitney test</i>
8	10	0.96	<i>fly ash, recycle aggregate, concrete, recycled water</i>
9	9	0.933	<i>energy neutrality, renewable energy recovery, cept sludge, biogas efficiency</i>
10	5	0.986	<i>covenant of mayors, public lighting, co2 emissions, energy</i>
11	5	0.988	<i>climate resilience, urban agriculture, water solutions, urban surface use</i>

Nilai *size* menunjukkan ukuran masing-masing kluster kata kunci. Kluster yang memiliki ukuran atau nilai *size* terbesar adalah kluster #0 dengan nilai 23, dan kluster dengan ukuran terkecil adalah kluster #10 dan #11 dengan nilai 5. Nilai *silhouette* menunjukkan konsistensi dan homogenitas yang ada pada setiap kluster. Semakin mendekati 1, maka semakin homogen dan konsisten kluster tersebut. Kluster yang memiliki nilai *silhouette* tertinggi adalah kluster #6 dengan nilai 0.993 dan kluster dengan nilai *silhouette* terendah adalah kluster 1 yang bernilai 0.784. Informasi terkait kluster dari hasil analisis menggunakan perangkat lunak *CiteSpace* juga menampilkan berapa istilah yang relevan dengan konten yang dibahas pada masing-masing kluster. *Representative terms* dapat menunjukkan secara lebih detail terkait subtopik yang dibahas dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan berdasarkan kata kunci sebagai indikator tinjauan.

KESIMPULAN

Topik energi terbarukan yang dikombinasikan dengan kota berkelanjutan mengalami tren yang cenderung meningkat sampai dengan tahun 2021. Kondisi ini menunjukkan adanya perkembangan yang signifikan di bidang tersebut. Berdasarkan hasil studi, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu topik energi terbarukan dan kota berkelanjutan telah mengalami beberapa fase penting selama 3 dekade terakhir. Pada fase awal atau sebelum tahun 2009, publikasi tahunan bersifat konstan, yaitu 0. Periode tahun 2009-2017, topik tersebut mulai mengalami fase transisi yang menunjukkan peningkatan, yaitu 25% dari total publikasi berada pada fase tersebut. Periode 2018-2021 menunjukkan perkembangan pesat yang mencakup 75% dari total publikasi. Jurnal *Sustainable Cities and Society* menjadi sumber jurnal yang memiliki frekuensi tertinggi, yaitu 11% dari total publikasi. Untuk negara dan institusi yang berada pada posisi teratas dengan frekuensi tertinggi diisi oleh *People's Republic of China* dan *University of Regina, Canada*. Kemudian, kata kunci seperti *System, management, city, optimization, design, dan renewable energy* merupakan beberapa kata kunci terbanyak yang digunakan selama periode 1990-2021 dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan. Keberadaan kata kunci tersebut dapat menunjukkan konten yang didiskusikan artikel-artikel dalam dataset. Topik-topik yang muncul dalam studi energi terbarukan dapat dikelompokkan, sebagai berikut: a) energi dan pemerintahan kota, b) energi dan pemanfaatannya, c) energi dan pembangunan kota berkelanjutan, serta d) energi, sumber daya dan

elemen alami. Lalu, perbandingan antar periode pada kata kunci menunjukkan evolusi dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan. *Management, system, emission, model, renewable energy*, dan *city* merupakan kata kunci yang digunakan secara berulang atau selalu muncul pada setiap periode. Kemunculan kata kunci tersebut menunjukkan bahwa topik seputar kata kunci tersebut sangat penting dalam studi energi terbarukan dan kota berkelanjutan selama periode 1990-2021. Selain itu, kata kunci yang digunakan juga menunjukkan kluster-kluster penting dalam topik yang dianalisis. Kluster #0, #2, #3, #4, #5, #7, dan #11 merupakan kluster-kluster yang masih berlangsung sampai tahun 2021, yang menjadikannya topik hangat di bidang energi terbarukan dan kota berkelanjutan. Selama 1991-2021 terlihat adanya keterkaitan antara energi terbarukan dan kota berkelanjutan. Meski cenderung multidisiplin, topik ini masih terus berkembang seiring waktu dan sesuai kebutuhan terhadap solusi energi di kota. Studi yang bersifat komprehensif seputar energi terbarukan dan kota berkelanjutan dapat memberikan perspektif baru terkait topik. Namun, terdapat batasan dalam studi ini, yaitu jumlah data yang dianalisis yang cenderung sedikit. Kondisi diakibatkan karena pemilihan kata kunci maupun aspek lain dalam strategi pencarian dari basis data. Selain itu, studi ini hanya menggunakan satu basis data, yaitu *Web of Science (WoS)* saja. Rekomendasi untuk studi sejenis di masa depan adalah dengan mengkombinasikan beberapa sumber basis data untuk memperbesar kuantitas data yang dianalisis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. I. P. Martínez, "Energy and sustainable development in cities: A case study of Bogotá," *Energy*, vol. 92, pp. 612-621, 2015.
- [2] P. Novak, "Sustainable energy system with zero emissions of GHG for cities and countries," *Energy and Buildings*, vol. 98, pp. 27-33, 2015.
- [3] M. Irfan, Y. Hao, M. Ikram, H. Wu, R. Akram, and A. Rauf, "Assessment of the public acceptance and utilization of renewable energy in Pakistan," *Sustainable Production and Consumption*, vol. 27, pp. 312-324, 2021.
- [4] D. Reiche, "Renewable Energy Policies in the Gulf countries: A case study of the carbon-neutral "Masdar City" in Abu Dhabi," *Energy Policy*, vol. 38, no. 1, pp. 378-382, 2010.
- [5] P. M. Schroeder and R. B. Chapman, "Renewable energy leapfrogging in China's urban development? Current status and outlook," *Sustainable Cities and Society*, vol. 11, pp. 31-39, 2014.
- [6] B. Baran, M. S. Mamis, and B. B. Alagoz, "Utilization of energy from waste potential in Turkey as distributed secondary renewable energy source," *Renewable Energy*, vol. 90, pp. 493-500, 2016.
- [7] K. M. N. Islam and M. Jashimuddin, "Reliability and economic analysis of moving towards wastes to energy recovery based waste less sustainable society in Bangladesh: The case of commercial capital city Chittagong," *Sustainable Cities and Society*, vol. 29, pp. 118-129, 2017.
- [8] Y. Noorollahi, R. Itoi, H. Yousefi, M. Mohammadi, and A. Farhadi, "Modeling for diversifying electricity supply by maximizing renewable energy use in Ebino city southern Japan," *Sustainable Cities and Society*, vol. 34, pp. 371-384, 2017.
- [9] M. Z. Jacobson et al., "100% clean and renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS) all-sector energy roadmaps for 53 towns and cities in North America," *Sustainable Cities and Society*, vol. 42, pp. 22-37, 2018.
- [10] L. Hens, "The challenge of the sustainable city," *Environment, Development and Sustainability*, vol. 12, no. 6, pp. 875-876, 2010.
- [11] T. Dassen, E. Kunseler, and L. M. V. Kessenich, "The Sustainable City: An Analytical-Deliberative Approach to Assess Policy in the Context of Sustainable Urban Development," *Sustainable Development*, vol. 21, no. 3, pp. 193-205, 2013.

- [12] A. M. Hassan and H. Lee, "The paradox of the sustainable city: definitions and examples," *Environment, Development and Sustainability*, vol. 17, no. 6, pp. 1267-1285, 2014.
- [13] P. Kuznetsov et al., "Parametric Optimization of Combined Wind-Solar Energy Power Plants for Sustainable Smart City Development," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 21, 2021.
- [14] N. R. Sabory et al., "Applicable Smart City Strategies to Ensure Energy Efficiency and Renewable Energy Integration in Poor Cities: Kabul Case Study," *Sustainability*, vol. 13, no. 21, 2021.
- [15] H. Zhuang, J. Zhang, S. C. B, and B. A. Muthu, "Sustainable Smart City Building Construction Methods," *Sustainability*, vol. 12, no. 12, 2020.
- [16] M. A. P. Moreno, Q. H. Escobedo, and A. J. P. Moreno, "Renewable Energy in Urban Areas: Worldwide Research Trends," *Energies*, vol. 11, no. 3, 2018.
- [17] M. B. Harari, H. R. Parola, C. J. Hartwell, and A. Riegelman, "Literature searches in systematic reviews and meta-analyses: A review, evaluation, and recommendations," *Journal of Vocational Behavior*, vol. 118, 2020.
- [18] D. Zhang, J. Xu, Y. Zhang, J. Wang, S. He, and X. Zhou, "Study on sustainable urbanization literature based on Web of Science, scopus, and China national knowledge infrastructure: A scientometric analysis in CiteSpace," *Journal of Cleaner Production*, vol. 264, 2020.
- [19] N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, "How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines," *Journal of Business Research*, vol. 133, pp. 285-296, 2021.
- [20] F. Wu et al., "Responding climate change: A bibliometric review on urban environmental governance," *Journal of Cleaner Production*, vol. 204, pp. 344-354, 2018.
- [21] Q. Yang, D. Yang, P. Li, S. Liang, and Z. Zhang, "A Bibliometric and Visual Analysis of Global Community Resilience Research," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 18, no. 20, Oct 15 2021.
- [22] Z. Wang, D. Ma, R. Pang, F. Xie, J. Zhang, and D. Sun, "Research Progress and Development Trend of Social Media Big Data (SMBD): Knowledge Mapping Analysis Based on CiteSpace," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 9, no. 11, 2020.
- [23] H. Shao, G. Kim, Q. Li, and G. Newman, "Web of Science-Based Green Infrastructure: A Bibliometric Analysis in CiteSpace," *Land (Basel)*, vol. 10, no. 7, Jul 2021.
- [24] C. Chen, "CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 57, no. 3, pp. 359-377, 2006.
- [25] M. A. Niazi, "Review of 'CiteSpace: A Practical Guide For Mapping Scientific Literature' by Chaomei Chen," *Complex Adaptive Systems Modeling*, vol. 4, no. 1, 2016.
- [26] J. Yang, C. Cheng, S. Shen, and S. Yang, "Comparison of Complex Network Analysis Software: CiteSpace, SCI2 and Gephi," in *IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis*, 2017, pp. 169-172: IEEE.
- [27] X.C. Yuan, Y. J. Lyu, B. Wang, Q. H. Liu, and Q. Wu, "China's energy transition strategy at the city level: The role of renewable energy," *Journal of Cleaner Production*, vol. 205, pp. 980-986, 2018.
- [28] G. Ali, N. Yan, J. Hussain, and L. Xu, "Quantitative assessment of energy conservation and renewable energy awareness among variant urban communities of Xiamen, China," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 109, pp. 230-238, 2019.