

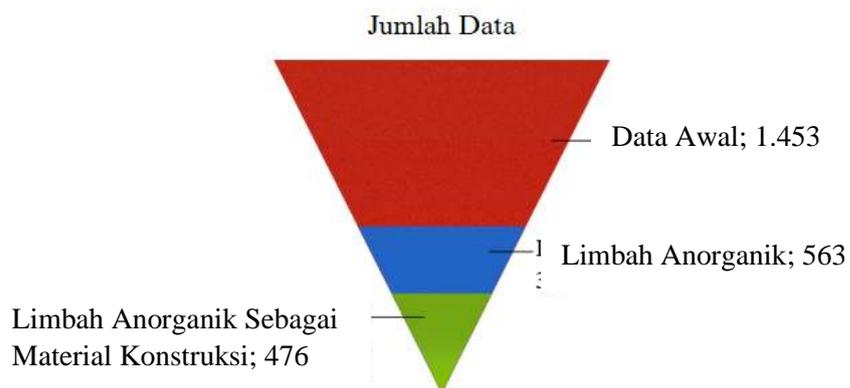
## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Studi ini menghasilkan pemetaan atau mapping terhadap posisi penelitian mengenai Pemanfaatan Limbah Anorganik sebagai Material Konstruksi. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi tren, proyeksi, serta arah keberlanjutan riset pada topik tersebut. Data yang digunakan berasal dari publikasi yang terindeks dalam database *Scopus*. Pemilihan *Scopus* didasarkan pada reputasinya sebagai pangkalan data dengan tingkat kredibilitas publikasi yang tinggi, sehingga dianggap tepat untuk memberikan gambaran menyeluruh terhadap dinamika riset dan potensi keberlanjutannya di masa depan.

Berdasarkan pengumpulan data yang sudah dilakukan pada *software Scopus* didapatkan sebanyak 1.453 data publikasi dengan menggunakan *keyword* atau kata kunci: TITLE-ABS-KEY ( ( inorganic waste ) AND ( material ) AND ( construction or buil\* ) ) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2026 AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MATE" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENVI" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ). Metadata yang telah didapatkan dari *Scopus* kemudian diunduh dengan format yaitu *Comma Separated Values (CSV)*. Data yang diperoleh dalam format CSV akan dimanfaatkan untuk proses penyaringan data melalui *Microsoft Excel* dan pengelompokan hingga mencapai titik kejenuhan data.

Proses penyaringan terhadap 1.453 data awal divisualisasikan melalui sebuah diagram berbentuk segitiga terbalik. Diagram ini merepresentasikan tahapan seleksi data secara menyeluruh dan berfungsi sebagai gambaran awal dari hasil penelitian dalam studi ini. Visualisasi tersebut juga memberikan ilustrasi yang sistematis mengenai proses reduksi data, yang penjelasan lebih lanjutnya akan disampaikan pada paragraf berikutnya.



Gambar 4. 1 Hasil Penyaringan Data (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan diagram di atas, terlihat bahwa jumlah data awal yang dikumpulkan mencapai 1.453 entri. Data tersebut kemudian disaring dengan kriteria awal berupa keberadaan kata “*inorganic waste*” atau limbah anorganik dalam judul publikasi. Dari proses ini, diperoleh 563 data yang memenuhi syarat, menunjukkan adanya kesenjangan yang cukup besar dari jumlah semula. Hal ini mengindikasikan bahwa kajian mengenai limbah anorganik masih relatif terbatas dan memerlukan perhatian lebih dalam ranah penelitian. Penyaringan selanjutnya difokuskan pada publikasi yang secara substansial membahas limbah anorganik dalam konteks sebagai material konstruksi. Hasil dari tahap ini menghasilkan 476 publikasi yang relevan, yang menunjukkan pengurangan data yang tidak terlalu signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun jumlah penelitian yang secara eksplisit menyebutkan “limbah anorganik” dalam judul relatif terbatas dibandingkan total data awal, proporsi yang tetap tinggi pada tahap akhir seleksi menandakan adanya konsistensi fokus riset terhadap pemanfaatan limbah anorganik sebagai material konstruksi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa topik ini telah menjadi perhatian dalam komunitas akademik, namun masih menyisakan ruang eksplorasi yang luas, terutama dalam pengembangan inovasi material ramah lingkungan berbasis limbah anorganik untuk sektor konstruksi.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Analisis Deskriptif

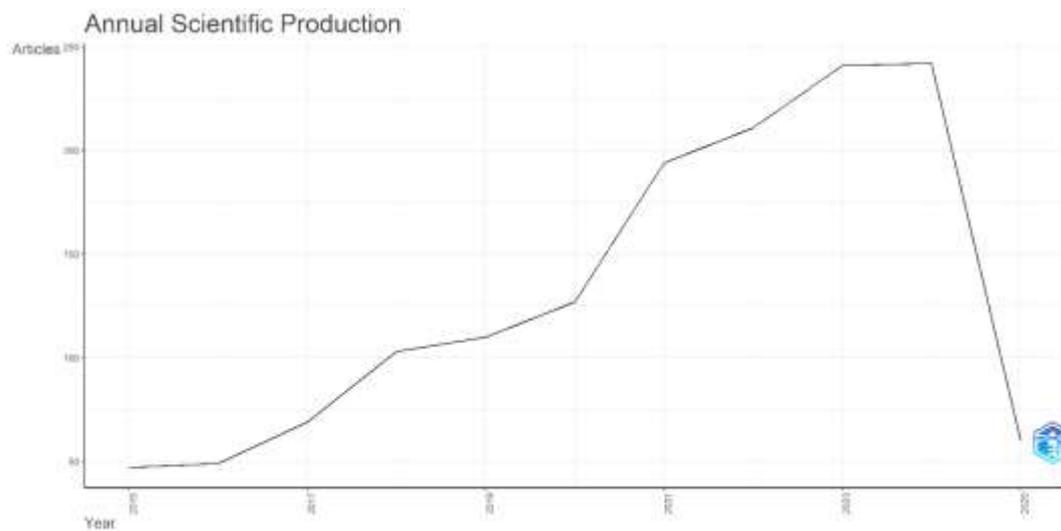
Tabel 4. 1 Ringkasan Statistik Artikel yang Terkumpul

Description	Results
Timespan	2015:2025
Sources (Journals, Books, etc)	389
Documents	1453
Annual Growth Rate %	2,47
Document Average Age	3,86
Average citations per doc	31,91
References	74695
<b>DOCUMENT CONTENTS</b>	
Keywords Plus (ID)	9020
Author's Keywords (DE)	3675
Authors	4684
Authors of single-authored docs	44
Single-authored docs	45
Co-Authors per Doc	4,68
International co-authorships %	28,49

Sumber: Olah Data Penulis

Pada tabel di atas menampilkan ingkasan statistik bibliometrik dari publikasi terkait pemanfaatan limbah anorganik sebagai material konstruksi dalam rentang waktu 2015 hingga 2025. Selama periode tersebut, terkumpul sebanyak 1.453 dokumen ilmiah yang diterbitkan dalam 389 sumber atau jurnal yang berbeda, dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata sebesar 2,47%. Jumlah total penulis yang terlibat mencapai 4.684, di mana hanya 44 dokumen yang ditulis oleh satu penulis (single-authored). Kolaborasi internasional juga cukup signifikan, dengan 28,49% publikasi melibatkan penulis dari lebih dari satu negara. Rata-rata jumlah penulis per dokumen adalah 4,68, menunjukkan tingginya tingkat kolaborasi dalam penelitian ini. Selain itu, terdapat 3.675 kata kunci yang digunakan oleh para penulis dalam dokumen-dokumen tersebut, dengan total referensi yang dicantumkan mencapai 74.695. Usia rata-rata dokumen adalah 3,86 tahun, menandakan bahwa sebagian besar publikasi tergolong baru dan relevan secara kontemporer. Lebih lanjut, setiap dokumen memperoleh rata-rata 31,91 sitasi, mencerminkan tingkat visibilitas dan pengaruh ilmiah yang cukup tinggi dalam bidang kajian ini. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan dinamika dan perkembangan yang positif dalam penelitian tentang pemanfaatan limbah

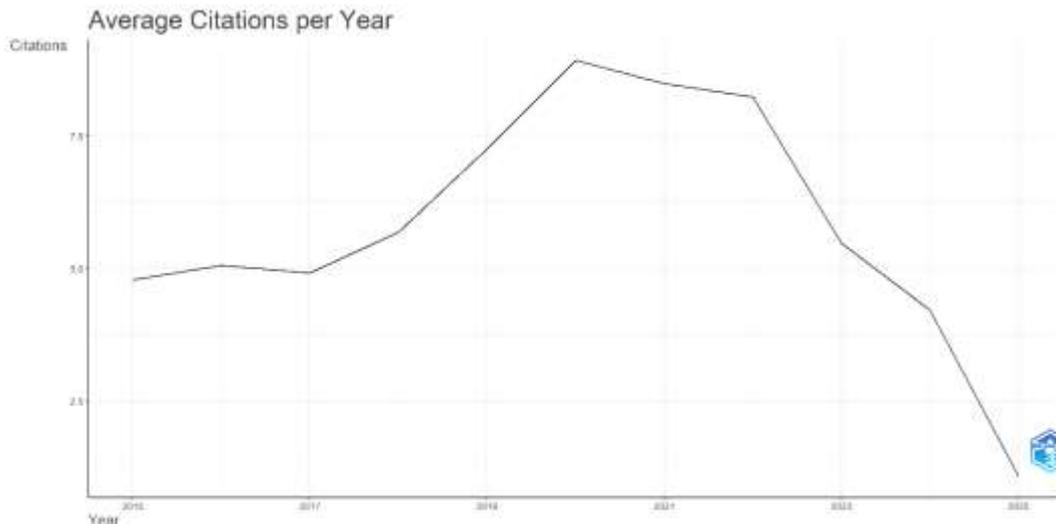
anorganik sebagai material konstruksi, baik dari segi kuantitas maupun kualitas kontribusi ilmiah.



Gambar 4. 2 Distribusi Publikasi Ilmiah Tahunan (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Gambar di atas menampilkan tren produksi ilmiah tahunan terkait topik pemanfaatan limbah anorganik dalam material konstruksi selama periode 2015 hingga 2025. Terlihat bahwa jumlah publikasi mengalami peningkatan yang konsisten dari tahun ke tahun sejak 2015, yang menunjukkan bahwa topik ini mendapatkan perhatian yang semakin besar di kalangan akademisi dan peneliti. Dimulai dari 47 publikasi pada tahun 2015, tren ini meningkat secara bertahap hingga mencapai puncaknya pada tahun 2022 dan 2023, dengan jumlah artikel mencapai 241 dan 242 publikasi per tahun.

Kenaikan tajam ini mengindikasikan bahwa isu terkait limbah anorganik dan aplikasinya dalam konstruksi menjadi semakin relevan seiring meningkatnya kesadaran terhadap pembangunan berkelanjutan dan efisiensi sumber daya. Namun, pada tahun 2025 terlihat penurunan yang signifikan dalam jumlah publikasi yaitu hanya 60 publikasi. Penurunan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti keterbatasan data tahun berjalan (karena belum sepenuhnya selesai), pergeseran fokus penelitian, atau adanya transisi dalam kebijakan pendanaan riset. Dengan demikian, grafik ini secara keseluruhan merefleksikan dinamika perkembangan riset yang cukup progresif selama satu dekade terakhir, meskipun menunjukkan potensi fluktuasi dalam produktivitas ilmiah di masa mendatang.



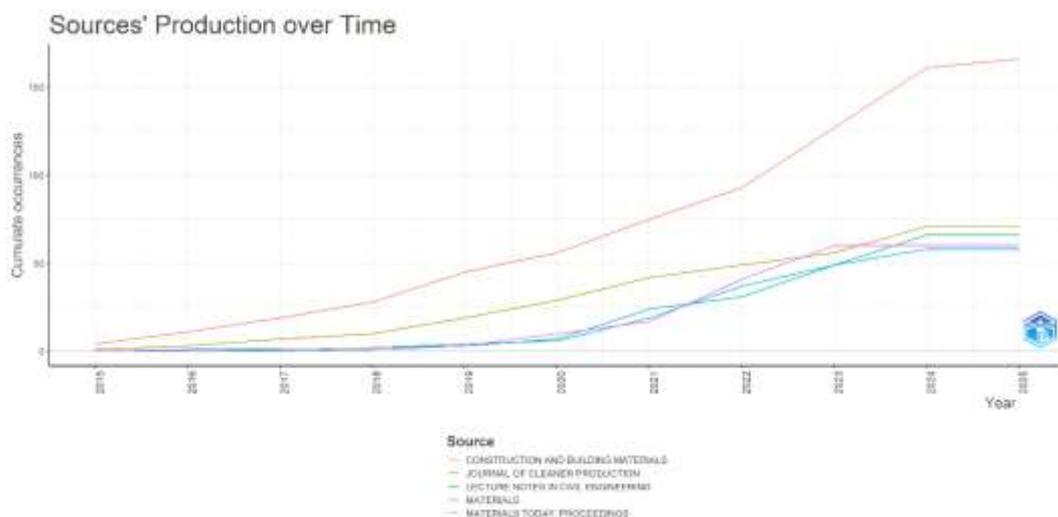
Gambar 4. 3 Rata-Rata Kutipan Artikel Per Tahun (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Grafik di atas menyajikan tren rata-rata sitasi per tahun dari publikasi ilmiah yang berkaitan dengan pemanfaatan limbah anorganik dalam industri konstruksi selama periode 2015 hingga 2025. Secara umum, grafik menunjukkan fluktuasi dalam tingkat pengaruh atau visibilitas ilmiah dari artikel yang diterbitkan. Pada awal periode (2015), rata-rata sitasi berada pada angka sekitar 5, kemudian mengalami peningkatan bertahap dan mencapai puncaknya pada tahun 2020 dengan rata-rata sitasi tertinggi, yang mendekati angka 9 sitasi per artikel.

Puncak ini mencerminkan bahwa publikasi pada tahun tersebut memiliki dampak akademik yang signifikan dan kemungkinan besar berisi temuan atau pendekatan yang relevan dengan kebutuhan atau tren riset saat itu. Namun, setelah tahun 2020, terjadi penurunan bertahap dalam jumlah rata-rata sitasi per tahun. Tren penurunan ini bisa disebabkan oleh meningkatnya jumlah publikasi baru yang belum mendapatkan cukup waktu untuk disitasi, atau karena perubahan arah fokus penelitian yang mengurangi perhatian terhadap studi sebelumnya.

Khususnya pada tahun 2025, terlihat penurunan drastis pada rata-rata sitasi, yang mungkin dapat dijelaskan oleh fakta bahwa artikel-artikel dari tahun berjalan belum memiliki cukup waktu untuk memperoleh sitasi yang memadai. Dengan demikian, grafik ini mencerminkan dinamika pengaruh publikasi ilmiah terhadap komunitas akademik, sekaligus menegaskan pentingnya memperhatikan konteks temporal saat mengevaluasi dampak sitasi dalam kajian bibliometrik.

#### 4.2.2 Jurnal Paling Berpengaruh



Gambar 4. 4 Produktivitas Publikasi (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Gambar di atas menampilkan dinamika produksi sumber publikasi ilmiah dari tahun 2015 hingga 2025, berdasarkan akumulasi jumlah artikel yang diterbitkan oleh lima jurnal utama yang berkaitan dengan penelitian pemanfaatan limbah anorganik dalam industri konstruksi. Grafik ini memperlihatkan bahwa jurnal "*Construction and Building Materials*" secara konsisten menunjukkan tingkat produktivitas tertinggi sepanjang periode yang diamati. Pada tahun 2025, jumlah publikasi kumulatif dari jurnal ini telah melampaui angka 166, menunjukkan perannya yang dominan dalam menyumbang literatur pada bidang studi tersebut.

Selanjutnya, jurnal "*Journal of Cleaner Production*" dan "*Materials*" juga menunjukkan tren peningkatan yang signifikan. Keduanya mencapai angka publikasi kumulatif sekitar 71 dan 58 pada tahun 2025, mengindikasikan bahwa isu keberlanjutan dan inovasi material menjadi fokus penting dalam riset terbaru. Pada sisi lain, jurnal "*Journal of Building Engineering*" mulai menunjukkan akselerasi signifikan setelah tahun 2021, menyamai volume publikasi "*Materials*" menjelang akhir periode, yang mencerminkan peningkatan minat terhadap aspek teknis dan rekayasa bangunan dalam pemanfaatan limbah.

Jurnal "*Case Studies in Construction Materials*" memiliki volume publikasi yang paling rendah di antara lima sumber, meskipun tetap menunjukkan pertumbuhan positif. Hal ini mungkin menunjukkan bahwa pendekatan berbasis

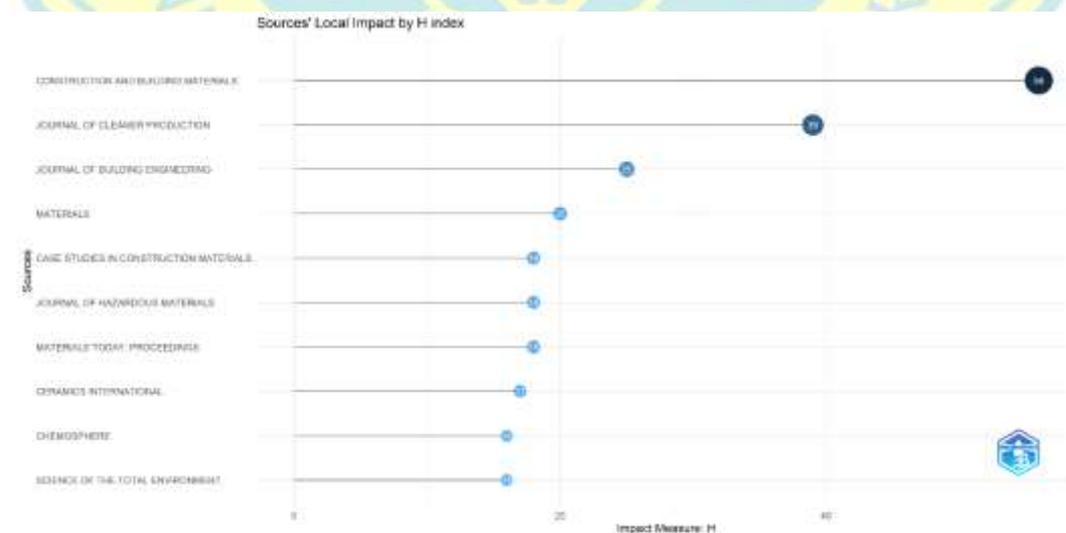
studi kasus masih berkembang dan belum sebanyak pendekatan eksperimental atau teoritik yang lebih umum di jurnal lainnya.

Secara keseluruhan, grafik ini menegaskan adanya pertumbuhan signifikan dalam minat akademik terhadap topik pemanfaatan limbah anorganik dalam industri konstruksi, serta menunjukkan diferensiasi peran masing-masing jurnal dalam mendukung penyebaran pengetahuan di bidang tersebut.

Tabel 4. 2 Dampak Lokal Sumber Jurnal

Source	h_index	g_index	m_index	TC	NP	PY_start
CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	56	95	5,091	9950	166	2015
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	39	71	3,545	5565	71	2015
JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING	25	44	2,778	2009	57	2017
CASE STUDIES IN CONSTRUCTION MATERIALS	20	34	2	1318	58	2016
MATERIALS	18	35	3	1656	35	2020
JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	18	22	1,636	1859	22	2015
CERAMICS INTERNATIONAL	18	29	2	993	60	2017
WASTE MANAGEMENT	17	25	1,545	1133	25	2015
CEMENT AND CONCRETE COMPOSITES	16	22	1,6	1661	22	2016
CHEMOSPHERE	16	20	1,778	1834	20	2017

Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 5 Grafik Dampak Lokal Sumber Jurnal  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

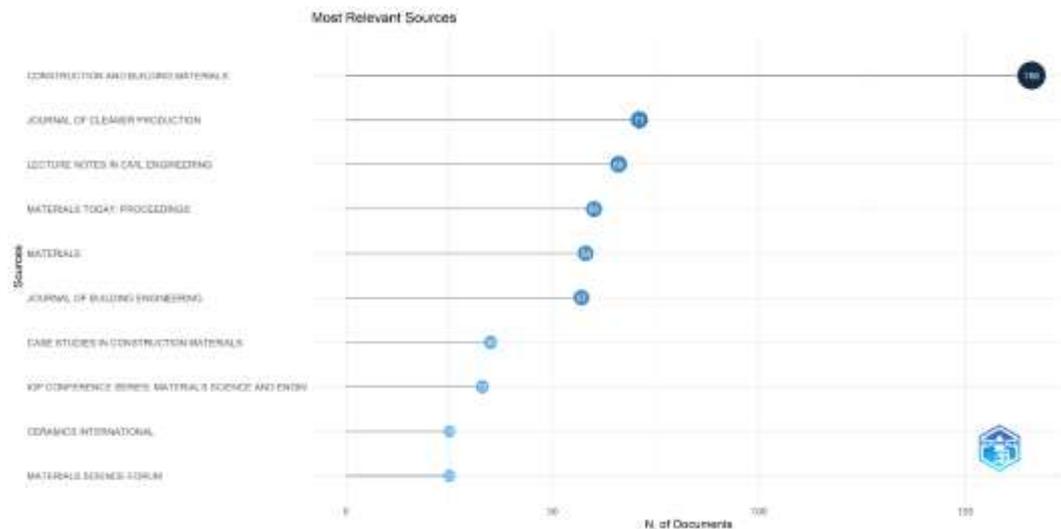
Gambar di atas menyajikan visualisasi dampak lokal dari berbagai sumber jurnal ilmiah yang diukur berdasarkan nilai H-Index dalam konteks publikasi mengenai pemanfaatan limbah anorganik dalam industri konstruksi. H-Index digunakan sebagai indikator bibliometrik yang menggambarkan produktivitas dan dampak sitasi dari suatu jurnal.

Dari grafik tersebut, terlihat bahwa jurnal "Construction and Building Materials" menempati posisi teratas dengan H-Index sebesar 56, menunjukkan tingkat produktivitas dan pengaruh yang sangat tinggi dalam literatur lokal yang diteliti. Posisi ini menunjukkan bahwa jurnal tersebut merupakan rujukan utama dan memiliki pengaruh yang besar terhadap perkembangan wacana ilmiah dalam topik kajian ini.

Jurnal "Journal of Cleaner Production" menyusul di posisi kedua dengan H-Index sebesar 39, mencerminkan kontribusinya yang signifikan dalam mendukung penelitian yang berfokus pada aspek keberlanjutan dan produksi ramah lingkungan dalam industri konstruksi. Kemudian, "Journal of Building Engineering" berada di posisi ketiga dengan H-Index sebesar 25, yang mengindikasikan semakin besarnya perhatian terhadap aspek rekayasa bangunan dalam integrasi limbah anorganik.

Jurnal-jurnal lainnya seperti "Case Studies in Construction Materials" (H=18), "Materials" (H=20), serta "Journal of Hazardous Materials" (H=18) juga menunjukkan kontribusi yang cukup berarti meskipun dengan pengaruh yang relatif lebih rendah. Hal ini menandakan adanya diversifikasi sumber referensi, namun tetap terdapat beberapa jurnal dominan yang menjadi poros literatur ilmiah.

Secara keseluruhan, grafik ini memperlihatkan bahwa sebagian besar kontribusi literatur ilmiah masih terpusat pada beberapa jurnal utama dengan H-Index tinggi. Hal ini dapat diartikan bahwa pengaruh lokal dalam bidang ini sangat dipengaruhi oleh jurnal-jurnal yang memiliki kapasitas besar dalam menyebarluaskan dan mensitasi penelitian berkualitas tinggi.



Gambar 4. 6 Sumber Paling Relevan (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Gambar 4.6 menampilkan visualisasi bibliometrik mengenai sumber-sumber paling relevan berdasarkan jumlah dokumen yang dipublikasikan, dengan data divisualisasikan dalam bentuk grafik gelembung horizontal. Grafik ini menunjukkan sebelas jurnal atau prosiding teratas yang menjadi pusat referensi atau publikasi dalam bidang tertentu, kemungkinan besar berkaitan dengan teknik sipil, material bangunan, atau konstruksi berkelanjutan, sebagaimana ditunjukkan oleh nama-nama sumber.

Dari grafik tersebut, jurnal "Construction and Building Materials" menempati posisi paling dominan dengan jumlah dokumen yang sangat tinggi, yaitu 166 dokumen, menunjukkan bahwa jurnal ini merupakan sumber utama dan paling berpengaruh dalam domain kajian ini. Selanjutnya, "Journal of Cleaner Production" dan "Lecture Notes in Civil Engineering" masing-masing menyumbang 71 dan 66 dokumen, menandakan relevansi yang signifikan dalam kontribusi literatur ilmiah.

Diikuti oleh "Materials Today: Proceedings" (60 dokumen), "Materials" (58 dokumen), dan "Journal of Building Engineering" (57 dokumen), yang semuanya memperlihatkan peran penting sebagai wadah publikasi ilmiah yang cukup intens digunakan oleh para peneliti. Beberapa sumber lainnya seperti "Case Studies in Construction Materials" (35 dokumen) dan "IOP Conference Series: Materials Science and Engineering" (33 dokumen) juga menunjukkan tingkat keterlibatan yang relevan meskipun dalam skala yang lebih kecil.

Menariknya, tiga jurnal di bagian bawah grafik, yakni "Ceramics International" dan "Materials Science Forum", masing-masing dengan 25 dokumen, menunjukkan bahwa meskipun kontribusinya relatif rendah dibandingkan jurnal-jurnal utama, mereka tetap masuk dalam kategori sumber yang relevan dalam penelitian.

Secara keseluruhan, grafik ini memberikan pemahaman yang sistematis mengenai sumber-sumber literatur yang paling banyak digunakan atau dijadikan rujukan dalam topik kajian tertentu. Analisis ini dapat membantu peneliti dalam mengidentifikasi jurnal-jurnal utama yang layak dijadikan target publikasi atau referensi dalam riset lanjutan, serta memberikan arah strategis dalam eksplorasi literatur ilmiah.

### 4.2.3 Author

Tabel 4. 3 Author Paling Relevan

Authors	Articles	Articles Fractionalized
WANG Y	23	4,34
ZHANG Y	21	3,76
ARULRAJAH A	20	4,11
HORPIBULSUK S	20	4,11
LI J	20	3,36
LIU J	20	3,03
SAHMARAN M	19	3,29
WANG J	18	3,43
LI X	17	2,98
LI Z	17	2,84

Sumber: Olah Data Peneliti



Gambar 4. 7 Author Paling Relevan (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

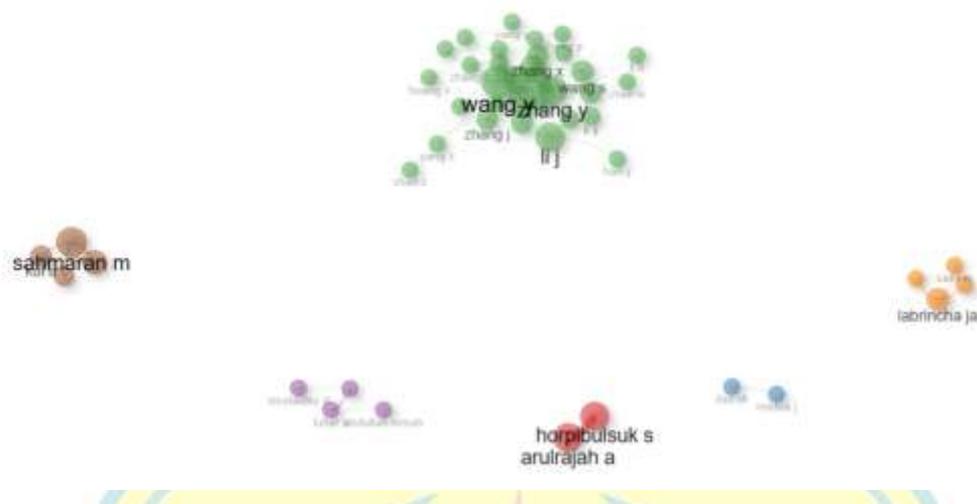
Tabel 4.3 dan Gambar 4.7 merupakan visualisasi bibliometrik yang menunjukkan penulis paling relevan berdasarkan jumlah dokumen yang diterbitkan dalam suatu bidang kajian tertentu. Diagram ini berbentuk grafik gelembung horizontal, di mana sumbu horizontal mewakili jumlah dokumen (N. of Documents), dan sumbu vertikal mencantumkan nama-nama penulis. Ukuran gelembung menggambarkan kontribusi relatif masing-masing penulis terhadap total publikasi yang teridentifikasi.

Penulis dengan kontribusi tertinggi adalah Wang Y, yang menempati posisi teratas dengan 23 dokumen. Hal ini menunjukkan bahwa Wang Y merupakan tokoh penting atau sangat produktif dalam bidang ini, dan publikasinya kemungkinan besar banyak dijadikan referensi atau memiliki pengaruh signifikan. Di posisi kedua terdapat Zhang Y dengan 21 dokumen, disusul oleh tiga penulis lainnya, yaitu Arulrajah A, Horpibulsuk S, dan Li J, yang masing-masing memiliki 20 dokumen. Jumlah yang sama juga dimiliki oleh Liu J, memperlihatkan adanya kelompok penulis yang sangat aktif dan produktif secara setara.

Penulis Sahmaran M menyumbang 19 dokumen, sementara Wang J memiliki 18 dokumen. Di bagian bawah grafik terdapat Li X dan Li Z, masing-masing dengan 17 dokumen, yang juga menunjukkan kontribusi penting meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan penulis-penulis lain di grafik ini.

Secara keseluruhan, grafik ini memberikan gambaran empiris mengenai penulis-penulis yang paling sering berkontribusi dalam publikasi ilmiah terkait topik tertentu. Tingginya jumlah dokumen yang diterbitkan oleh nama-nama tersebut dapat dijadikan indikator produktivitas ilmiah, pengaruh akademik, atau posisi strategis mereka dalam komunitas penelitian. Informasi ini sangat bermanfaat bagi peneliti lain yang ingin mengidentifikasi kolaborator potensial, sumber utama referensi, atau tren penelitian yang dipelopori oleh para penulis tersebut.

#### 4.2.5 Network Analysis Untuk Co-Authorship dan Negara



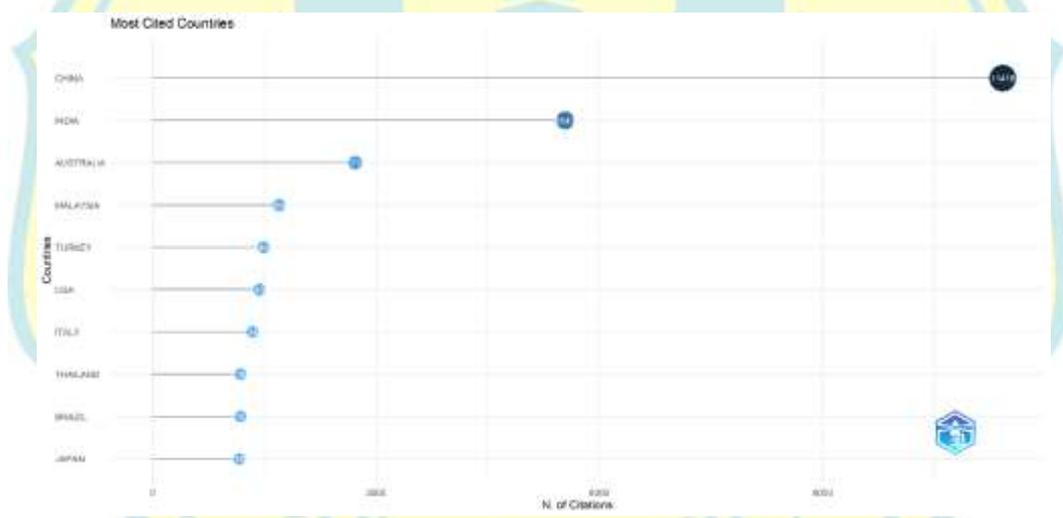
Gambar 4. 8 Visualisasi Map Jaringan dari *Co-Occurrence* Antar Author  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Pada gambar 4.8 yang disajikan merupakan hasil analisis jaringan kolaborasi penulis yang divisualisasikan dalam bentuk graf berwarna, di mana setiap simpul (*node*) merepresentasikan seorang penulis, dan garis penghubung (*edge*) menunjukkan adanya hubungan kolaboratif (biasanya *co-authorship*) antara penulis-penulis tersebut. Warna dan kedekatan antar node mencerminkan struktur komunitas atau kelompok kolaborasi yang terbentuk secara alamiah melalui hubungan intens dalam publikasi ilmiah.

Terdapat enam kelompok utama yang dibedakan berdasarkan warna:

1. Kelompok hijau, yang merupakan kelompok paling besar dan paling terkoneksi, terdiri dari penulis seperti Wang Y, Zhang Y, Li J, dan beberapa varian nama Wang dan Zhang lainnya. Kelompok ini menunjukkan tingkat kolaborasi yang tinggi, ditandai dengan jumlah koneksi (*edges*) yang padat. Jaringan ini dapat diartikan sebagai pusat aktivitas penelitian dalam bidang yang sedang dianalisis, dengan tokoh-tokoh utama berperan sebagai penggerak kolaboratif.
2. Kelompok merah, terdiri dari Horpibulsuk S dan Arulrajah A, menandakan kolaborasi erat antara dua penulis ini dalam berbagai publikasi, meskipun koneksi mereka terbatas hanya dalam lingkup kelompok kecil. Kelompok ini bisa mencerminkan kolaborasi yang bersifat konsisten namun tidak terlalu terbuka terhadap eksternal.

3. Kelompok coklat, dipimpin oleh Sahmaran M dan beberapa rekan dekatnya seperti Kurt A, menunjukkan pola kolaborasi yang erat namun terbatas dalam cakupan, mirip dengan kelompok merah.
4. Kelompok jingga, yang mencakup Labrincha JA dan Saeli M, membentuk komunitas kolaboratif kecil namun kohesif. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat aktivitas kolaborasi intens dalam subtopik tertentu yang mungkin berbeda dari pusat kolaborasi utama.
5. Kelompok ungu, melibatkan penulis seperti Nicolaiades D dan Luhar Abdullah MMAB, juga merupakan klaster kolaborasi kecil yang lebih tersegmentasi dan berjarak dari pusat.
6. Kelompok biru, terdiri dari Das SK dan Mishra J, yang hanya memiliki satu koneksi tunggal, mencerminkan tingkat kolaborasi yang sangat terbatas.



Gambar 4. 9 Negara yang Paling Banyak Dikutip  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Dalam Gambar 4.9 yang disajikan memperlihatkan visualisasi bibliometrik yang menggambarkan negara-negara dengan jumlah sitasi tertinggi dalam bidang kajian tertentu. Visualisasi ini menunjukkan tingkat pengaruh ilmiah berdasarkan akumulasi jumlah sitasi yang diterima oleh publikasi yang berasal dari masing-masing negara. Sumbu horizontal merepresentasikan jumlah sitasi, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan daftar negara yang terlibat.

Dari grafik tersebut terlihat bahwa Tiongkok (China) menempati posisi dominan sebagai negara dengan jumlah sitasi tertinggi, yaitu sebanyak 11.418 sitasi, yang menunjukkan pengaruh ilmiah yang sangat kuat di bidang tersebut. Posisi kedua ditempati oleh India dengan 5.543 sitasi, yang meskipun signifikan, masih berada jauh di bawah kontribusi Tiongkok. Perbedaan yang cukup besar ini mengindikasikan bahwa Tiongkok tidak hanya memiliki volume publikasi yang tinggi, tetapi juga kualitas dan relevansi yang tinggi, sehingga sering dirujuk dalam penelitian lain.

Negara lain yang juga menunjukkan performa sitasi yang baik adalah Australia dengan 711 sitasi, diikuti oleh Malaysia (69 sitasi), Turki (49 sitasi), dan Amerika Serikat (43 sitasi). Meskipun negara-negara ini berkontribusi dalam literatur, gap yang cukup besar dari Tiongkok dan India menunjukkan bahwa dominasi ilmiah masih terkonsentrasi pada dua negara Asia tersebut.

Sementara itu, negara-negara seperti Italia, Thailand, Brasil, dan Jepang mencatat jumlah sitasi yang relatif lebih rendah, berkisar antara 16 hingga 34 sitasi. Hal ini dapat menunjukkan bahwa kontribusi dari negara-negara tersebut mungkin bersifat lebih spesifik atau belum tersebar luas di komunitas ilmiah global.

Secara keseluruhan, grafik ini memberikan gambaran bahwa terdapat konsentrasi kontribusi ilmiah yang tinggi di kawasan Asia, khususnya di Tiongkok dan India, yang menjadi pusat sitasi dan kemungkinan besar juga pusat penelitian di bidang tersebut. Temuan ini memberikan implikasi penting bagi peneliti lain, terutama dalam menentukan arah kolaborasi internasional dan dalam memilih sumber referensi yang memiliki kredibilitas tinggi.



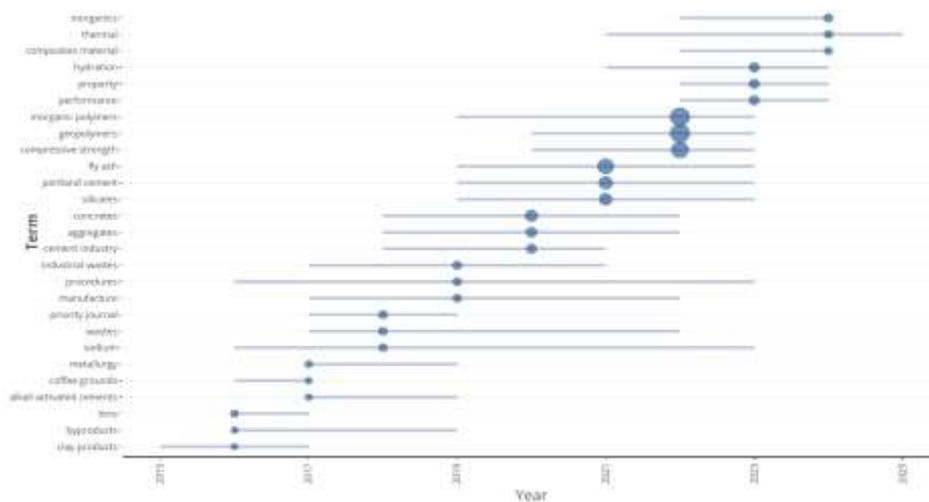
Dua kata kunci yang paling dominan adalah “*inorganic polymers*” (878 kemunculan, 9%) dan “*geopolymers*” (859 kemunculan, 9%), yang menunjukkan bahwa penelitian pada domain ini sangat terkonsentrasi pada bahan pengikat alternatif terhadap semen portland konvensional. Selanjutnya, kata kunci seperti “*compressive strength*” (606, 6%), “*geopolymer*” (546, 6%), dan “*fly ash*” (469, 5%) mengindikasikan bahwa sifat mekanik dan bahan baku limbah industri menjadi aspek penting yang sering dikaji dalam penelitian-penelitian tersebut.

Beberapa kata kunci lain seperti “*slag*,” “*sustainable development*,” “*construction industry*,” dan “*geopolymer concrete*” muncul dalam frekuensi menengah (antara 200–300 kemunculan), menandakan adanya perhatian yang cukup besar terhadap isu keberlanjutan, penggunaan limbah industri, dan aplikasinya dalam sektor konstruksi. Kata kunci “*sodium hydroxide*” dan “*curing*” juga cukup signifikan, mencerminkan pentingnya aspek kimia dan proses pengerasan dalam pengembangan geopolimer.

Kata kunci berfrekuensi lebih rendah, seperti “*durability*,” “*carbon dioxide*,” “*global warming*,” dan “*waste management*,” menunjukkan bahwa meskipun aspek lingkungan turut menjadi perhatian, namun belum menjadi pusat dalam proporsi besar penelitian. Sementara itu, keberadaan kata seperti “*thermal conductivity*,” “*leaching*,” “*hydration*,” dan “*glass*” menggambarkan diversifikasi pendekatan dan studi karakterisasi dalam bidang ini, meskipun masih berskala kecil.

Secara keseluruhan, *treemap* ini mengungkapkan bahwa penelitian dalam bidang ini didominasi oleh kajian mengenai material alternatif berbasis limbah (*fly ash*, *slag*), sifat mekanik (*compressive strength*, *durability*), serta keberlanjutan (*sustainable development*). Visualisasi ini sangat berguna untuk menilai lanskap ilmiah dan mengidentifikasi potensi celah penelitian untuk eksplorasi lebih lanjut, seperti isu lingkungan yang masih kurang dieksplorasi secara proporsional.

#### 4.2.8 Tren Topik



Gambar 4. 12 Tren Topik (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Tabel 4. 4 Tren Topik

Term	Frequency	Year (Q1)	Year (Median)	Year (Q3)
inorganic polymers	878	2019	2022	2023
geopolymers	859	2020	2022	2023
compressive strength	606	2020	2022	2023
fly ash	469	2019	2021	2023
portland cement	266	2019	2021	2023
silicates	213	2019	2021	2023
concretes	193	2018	2020	2022
aggregates	98	2018	2020	2022
hydration	77	2021	2023	2024
cement industry	73	2018	2020	2021

Sumber: Olah Data Penulis

Grafik dan tabel di atas menyajikan visualisasi analisis tren topik atau kata kunci dalam publikasi ilmiah dari tahun 2015 hingga 2025, yang kemungkinan besar terkait dengan bidang material konstruksi berkelanjutan, khususnya geopolimer dan material pengganti semen. Visualisasi ini menggunakan sumbu horizontal (X) untuk menunjukkan rentang waktu (tahun), sementara sumbu vertikal (Y) mencantumkan kata kunci atau istilah teknis yang digunakan dalam publikasi. Ukuran titik mencerminkan intensitas atau frekuensi kemunculan kata kunci pada periode waktu tertentu, sedangkan garis horizontal menunjukkan rentang waktu kemunculan istilah tersebut dalam literatur.

Secara umum, terdapat pergeseran tematik dari kata kunci yang lebih bersifat teknis dan proses di awal periode, seperti “*clay products*”, “*byproducts*”, “*alkali activated cements*”, dan “*coffee grounds*” yang banyak muncul antara tahun 2015 hingga 2018, menuju fokus yang lebih luas dan aplikatif pada tahun-tahun berikutnya. Misalnya, istilah seperti “*industrial wastes*”, “*cement industry*”, dan “*aggregates*” mulai banyak dikaji pada periode 2018 hingga 2021, mencerminkan perhatian yang meningkat terhadap pemanfaatan limbah industri dalam produksi bahan bangunan alternatif.

Pada periode 2020 hingga 2023, terlihat peningkatan signifikan pada kata kunci sentral seperti “*fly ash*”, “*portland cement*”, “*compressive strength*”, “*geopolymers*”, dan “*inorganic polymers*”, yang ditunjukkan dengan ukuran titik yang besar. Hal ini menunjukkan bahwa dalam beberapa tahun terakhir, penelitian sangat terfokus pada aspek teknis dan performa mekanik dari material geopolimer sebagai alternatif ramah lingkungan terhadap semen konvensional. Dominasi kata kunci tersebut menunjukkan bahwa studi kuantitatif dan karakterisasi struktural menjadi pusat perhatian dalam agenda penelitian terkini.

Menariknya, terdapat kemunculan istilah yang relatif baru atau menjadi lebih populer menjelang tahun 2024–2025, seperti “*performance*”, “*property*”, “*hydration*”, “*thermal*”, dan “*inorganics*”. Ini menunjukkan adanya pergeseran minat riset ke arah pengkajian lebih mendalam terhadap sifat fisikokimia dan performa termal dari material geopolimer. Perkembangan ini mengindikasikan tren eksploratif yang mulai melibatkan pendekatan multidisipliner, seperti integrasi termodinamika, mikroskopi, dan analisis molekuler.

Secara keseluruhan, grafik ini mencerminkan dinamika evolusi topik riset dalam satu dekade terakhir, dari eksplorasi awal bahan limbah dan proses aktivasi alkali, menuju fokus pada performa struktural dan keberlanjutan, serta kecenderungan masa depan yang melibatkan pendekatan fungsional dan rekayasa sifat material. Visualisasi ini memberikan wawasan penting bagi peneliti untuk memahami perkembangan bidang, memetakan area riset strategis, serta mengidentifikasi potensi topik-topik yang emerging untuk penelitian lanjutan.