

ANALISIS BIBLIOMETRIK ARSITEKTUR DIGITAL

Bibliometric Analysis of Digital Architecture

| Received February 15th 2023 | Accepted June 5th 2023 | Available online July 31st 2023 |

| DOI 10.56444/sarga.v17i2.783 | Page 44 - 56 |

Andrey Caesar Effendi^{1*}, Danang Harito Wibowo²

andreycae@gmail.com. ; Universitas Matana; Jakarta,Indonesia^{1*}

danang.hw@matanauniversity.ac.id; Universitas Matana; Jakarta,Indonesia²

ABSTRAK

Teknologi digital semakin berkembang akhir-akhir ini menyebabkan manusia untuk mengubah pola kehidupannya. Keadaan ini juga terjadi dalam bidang arsitektur yang semakin erat kaitannya dengan teknologi digital sehingga menyebabkan arsitektur digital bukan hanya sekedar alat tetapi bisa menjadi sebuah revolusi dalam bidang arsitektur. Dalam bidang arsitektur terjadinya pergeseran paradigma dalam proses perencanaan dan perancangan terpengaruh perkembangan teknologi digital yang semakin signifikan dengan penggunaan arsitektur digital. Tujuan penulisan kajian ini adalah dapat menjadi sumber bagi peneliti lainnya untuk memperoleh wawasan tentang arsitektur digital yang digunakan dalam penelitian maupun praktek arsitektur dengan menganalisa tren berdasarkan analisis bibliometrik. Penelitian ini juga bermanfaat untuk mendapatkan gap penelitian lanjutan dalam menguraikan teori-teori tentang arsitektur digital secara lebih mendalam. Metode pencarian literatur dalam penelitian ini melalui *big data* di internet dengan menggunakan perangkat lunak *Publish or Perish* yang dianalisa secara bibliometrik dengan menggunakan perangkat lunak *VosViewer* yang sudah banyak dilakukan di luar disiplin ilmu arsitektur. Temuan ini diharapkan akan memperlihatkan grafis dan peta tentang penelitian yang berhubungan dengan arsitektur digital sehingga dapat menjadi referensi untuk penelitian yang lebih lanjut.

Kata kunci: Analisis Bibliometrik, Arsitektur Digital, Tren, Publish or Perish, VosViewer

ABSTRACT

Digital technology that has been developing lately has caused humans to change their lifestyle. This situation also occurs in the field of architecture which is increasingly closely related to digital technology so that digital architecture is not just a tool but can become a revolution in the field of architecture. In the field of architecture, there is a paradigm shift in the planning and design process which is affected by the development of digital technology which is increasingly significant with the use of digital architecture. The purpose of writing this study is to be a source for other researchers to gain insight into digital architecture used in architectural research and practice by analyzing trends based on bibliometric analysis. This research is also useful for obtaining research gaps which will then become material for further studies in outlining theories about digital architecture in more depth. The literature search method in this study through big data on the internet will use Publish or Perish software which is analyzed bibliometrically using VosViewer software. It is hoped that these findings will show graphics and maps of research related to digital architecture so that they can become references for further research.

Keywords: Bibliometric Analysis, Digital Architecture, Trend, Publish or Perish, VosViewer

PENDAHULUAN

Semakin berkembang dan meluasnya penggunaan informasi teknologi dalam kehidupan sehari-hari menjadikan cara kita dalam menjalani hidup menjadi mudah dan praktis. Tidak lepas juga dalam bidang arsitektur yang mulai awal abad 20 masuk ke dalam paradigma modern yang semakin ke sini menuntut peningkatan kompleksitas desain yang lebih tinggi dan kecepatan dalam hal waktu yang lebih singkat dari masa-masa sebelumnya.

Penggunaan teknologi digital ini sudah dimulai sejak tahun 1980 an dengan penggunaan perangkat lunak CAD sebagai alat untuk mempermudah proses penggambaran. Dengan semakin berkembangnya penggunaan CAD sampai saat ini sehingga memudahkan para arsitek untuk membuat modeling bentuk dan simulasi perhitungan iklim, angin, struktur, dan sebagainya. Perkembangan teknologi digital yang semakin kompleks saat ini perlahan mengubah gaya hidup masyarakat. Dalam bidang arsitektur, situasi ini mulai mendapatkan peran yang lebih dari sebelumnya. Perubahan ini tidak hanya terjadi pada proses menggambar, tetapi mulai masuk ke dalam proses berpikir sang arsitek. Perubahan yang terjadi pada arsitektur di masa modern ini memungkinkan arsitektur untuk terus berkembang dalam keberlanjutan yang sangat berguna bagi perkembangan praktek desain dalam dunia arsitektur.

Menurut Stuart J. Russell dan Peter Norvig (2003) dalam bukunya yang berjudul *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, berpendapat bahwa filsafat dari kecerdasan buatan mencoba untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan ontologis sebagai berikut : Bisakah mesin bertindak dengan cerdas? Bisakah itu menyelesaikan masalah apa pun yang akan dipecahkan seseorang dengan berpikir? Apakah kecerdasan manusia dan kecerdasan mesin sama? Apakah otak manusia pada dasarnya adalah komputer? Bisakah mesin memiliki pikiran, kondisi mental, dan kesadaran dalam arti yang sama seperti yang dimiliki manusia? Bisakah dia merasakan bagaimana keadaannya? Pertanyaan-pertanyaan filosofis tersebut adalah pertanyaan paling mendasar tentang bagaimana Artificial Intelligence dapat dianggap mempunyai kecerdasan yang sama dengan manusia (Russell, Norvig, and Canny 2003) (Norvig 2019).

John McCarthy dalam papernya yang berjudul *Philosophy of AI and The AI of Philosophy*, mengatakan bahwa Artificial Intelligence memiliki hubungan ilmiah yang lebih dekat dengan filsafat daripada ilmu lainnya, karena AI berbagi banyak konsep dengan filsafat, misalnya tindakan, kesadaran, epistemologi dan bahkan kehendak bebas. Menurut John McCarthy, Artificial Intelligence berusaha untuk membuat model sesuai dengan cara berpikir manusia dan menjadikan mesin untuk menirukan proses berpikir tersebut (McCarthy 2008). Menurut Laura Steele, konsep Artificial Intelligence (AI) telah lama menangkap imajinasi manusia, menimbulkan kegembiraan dan ketakutan. Selain janji kemajuan ekonomi, sosial, dan lingkungan, muncul keprihatinan yang mendalam tentang implikasi moral yang potensial. Bisakah teori kuno membantu kita mengungkap tantangan etika modern ini? Menurutnya konsep Artificial Intelligence (AI) sudah mulai ada sejak Aristoteles mengeluarkan konsep *Laws of Thought* (Steele 2014). Raymond McLeod Jr. beserta rekannya George P. Schell mengatakan Artificial Intelligence adalah kecerdasan yang dihasilkan dari suatu aktivitas dengan menggunakan komputer sehingga dapat dianggap memiliki tingkatan yang sama seperti manusia (Raymond and George 2008). Artificial Intelligence berusaha meniru pola pikir

rasional manusia sehingga dianggap menjadi aplikasi paling canggih yang terdapat pada komputer.

Penggunaan teknologi digital telah mengubah cara arsitek dalam melaksanakan proses desain arsitektur, terutama dalam konteks kemajuan teknologi yang dibuat dalam beberapa tahun terakhir. Dalam bidang arsitektur kemajuan teknologi sudah dimulai pada era modern sekitar awal abad ke-20 dengan menggunakan bahan prefabrikasi berupa modul-modul yang kemudian memasuki era teknologi digital dengan pemanfaatan teknologi komputer dengan menggunakan perangkat lunak sebagai alat peraga dalam proses penggambaran arsitektur. Mulai diperkenalkannya penggunaan parameter (*parametricism*) dalam proses desain menjadi tanda masuknya arsitektur ke dalam era teknologi selanjutnya (Chaillou 2019).

Dalam *parametricism*, kekompleksitasan yang ada dalam arsitektur sedikit diabaikan, karena pada realitanya arsitektur adalah hasil dari banyak parameter realitas yang di algoritmakan oleh arsitek sesuai dengan konteks, lingkungan, masyarakat, budaya, dan sejarahnya. Realitas yang mendalam ini merupakan penggabungan disiplin ilmu secara sistematis dengan parameter yang sangat kompleks serta dengan menggunakan ilmu data dan kecerdasan buatan yang merupakan bagian dari komputasi statistik (Chaillou 2019). Dengan pemikiran terhadap realitas yang lebih mendalam ini terjadi perubahan dalam proses penggambaran, lebih jauh lagi dalam proses berpikir sang arsitek.

Dengan perkembangan disiplin ilmu *Artificial Intelligence* yang semakin maju dalam bidang komputer, juga turut serta berpengaruh terhadap penggunaan *Artificial Intelligence* dalam bidang lainnya seperti kedokteran, ekonomi, militer, informasi komunikasi, pertanian, dan masih banyak lagi, selain itu juga terhadap bidang arsitektur yang semakin terhubung dengan teknologi digital (Oxman, 2006; Grisaleña, 2017)

METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian yang berkaitan dengan data yang besar bisa menjadi sebuah kompleksitas yang tidak terbatas. Penelitian kajian literatur ini akan menggunakan analisis bibliometrik yang merupakan prosedur untuk menyajikan ringkasan yang jelas dari sejumlah penelitian ilmiah yang sangat besar (van Nunen et al. 2018).

Pada penelitian ini, penulis menggunakan big data yang berasal Google Scholar dengan menggunakan software Publish or Perish untuk membantu meringkasnya (Baneyx 2008). Tetapi, untuk mendapatkan visualisasi jaringan bibliometrik yang menarik dan menganalisisnya sehingga dapat mudah dimengerti, penulis menggunakan bantuan dari perangkat lunak VOSviewer (Martínez-López et al. 2020). Perangkat lunak VOSviewer digunakan karena kemampuannya yang dapat secara efisien mengolah data besar dan kemudian memvisualisasikan, menganalisa, dan menginvestigasi dengan menarik (van Eck and Waltman 2010). Selain itu, VOSviewer juga mampu membuat visualisasi peta publikasi, peta penulis, atau peta jurnal berdasarkan jaringan co-citation dan juga dapat membangun peta kata kunci berdasarkan jaringan yang saling berkolaborasi.

Dasar dari kajian literatur bibliometrik ini adalah metode yang sistematis dan eksplisit (Garza-Reyes 2015) atau metode pemetaan pikiran yang menekankan batas-batas pengetahuan (Tranfield, Denyer, and Smart 2003). Dalam melakukan analisis bibliometrik ini, metode penelitian ini mengadopsi lima langkah (Setyaningsih, Indarti, and Jie 2018) seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. 5 Langkah metode dalam analisis bibliometrik

Sumber : Setyaningsih, 2018

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian bibliometrik ini menggunakan big data yang berasal dari Google Scholar. Penulis menggunakan bantuan perangkat lunak Publish or Perish (PoP) untuk mengambil data yang sangat banyak tersebut. Pada perangkat lunak PoP masukkan kata kunci seperti Architectural Design, digital, design, dan architecture sebagai pencarian awal yang kemudian dilakukan penyempurnaan dengan hanya menggunakan jurnal penelitian untuk dilihat sebagai data bibliometricnya. Setelah data-data dipastikan sesuai dengan data yang dicari yaitu jurnal penelitian, jika ada informasi yang kurang lengkap kemudian dilengkapi dengan menambahkan pada meta datanya. Kemudian data-data tersebut dianalisis menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk memvisualisasikan peta bibliometrik. Perangkat lunak ini menampilkan pemetaan bibliometrik pada tiga visualisasi yang berbeda yaitu, visualisasi jaringan, visualisasi overlay, dan visualisasi densitas.

Visualisasi Publikasi dan Sitasi Menggunakan VOSviewer

Pada pencarian kata kunci awal dengan menggunakan perangkat lunak Publish or Perish, ditemukan data sebanyak 989 artikel termasuk buku, prosiding, website artikel, dll dari tahun 2012 – 2022 dengan 7488 sitasi (748,8 sitasi/tahun). Setelah dilakukan penyempurnaan dengan hanya menyaring artikel jurnal kemudian hanya terdapat 574 artikel jurnal dengan data kutipan juga berubah menjadi 4228 sitasi (422,8 sitasi/tahun). Perbandingan data metrik dari pencarian awal dan pencarian yang telah disempurnakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel perbandingan pencarian awal dan pencarian yang telah disempurnakan

Metrics Data	Initial Search	Refinement Search
Source	Architectural Design, Digital, Design, Architecture	Architectural Design, Digital, Design, Architecture
Publication year	2012 - 2022	2012 - 2022
Paper	989	574
Citations	7488	4228
Cites/year	748.8	422.8
Cites/paper	21.75	7.37
Author/paper	2.14	2.04
h_index	40	32
g_index	666	48
hl_norm	28	20
hl_annual	2.80	14

Analisa selanjutnya adalah untuk menyajikan kontribusi dari artikel yang paling relevan dalam penelitian ini dengan cara mengambil 574 artikel yang sudah disempurnakan dengan kata kunci "Architectural Design, digital, design, dan architecture" yang memiliki nilai sitasi tertinggi (10 artikel teratas yang dikutip) seperti tabel 2 pada halaman selanjutnya.

Tabel 2. 10 artikel terbaik berdasarkan jumlah sitasi

No	Publication year	Author	Title	Journal	Cites	Publisher	Country
1	2015	Granadeiro, Vasco; José P. Duarte; Joao R. Correia; Vitor M.S. Leal	Building envelope shape design in early stages of the design process: Integrating architectural design systems and energy simulation	Automation in Construction	202	Elsevier	Eropa - USA
2	2016	Hollberg, A; Ruth, J	LCA in architectural design - a parametric approach	The International Journal of Life Cycle Assessment	190	Springer	Jerman
3	2013	Shi, X; Yang, W	Performance-driven architectural design and optimization technique from a perspective of architects	Automation in Construction	181	Elsevier	Cina
4	2013	Abdelhameed, W A	Virtual Reality Use in Architectural Design Studios : A Case of Studying Structure and Construction	Procedia Computer Science	85	Elsevier	Bahrain
5	2015	Worthmann, T; Costa, A; Nannicini, G; Schroepfer, T	Advantages of surrogate models for architectural design optimization	AI EDAM	85	Cambridge	Jerman
6	2014	Krieg, O D; Schwinn, T; Menges, A; Li, J M; Knippers, J; Schmitt, A; Schwiager, V	Biomimetic Lightweight Timber Plate Shells: Computational Integration of Robotic Fabrication, Architectural Geometry and Structural Design	Advances in Architectural Geometry	75	Springer	Jerman
7	2016	Rietveld, E; Brouwers, A A	Optimal grip on affordances in architectural design practices: an ethnography	Phenomenology and the Cognitive Sciences	75	Springer	Belanda
8	2014	Salman H S; Laing, R; Connif, A	The impact of computer aided architectural design programs on conceptual design in an educational context	Design Studies	71	Elsevier	UK
9	2012	Canizaro, V B	DESIGN-BUILD IN ARCHITECTURAL EDUCATION: MOTIVATIONS, PRACTICES, CHALLENGES, SUCCESSES AND FAILURES	IJAR	71	IJAR	USA
10	2015	Nima, N; Shabak, M; Embi, M R B; Khan, T H	The Architect, the Client and Effective Communication in Architectural Design Practice	Procedia - Social and Behavioral Sciences	68	Elsevier	Iran

Dalam 10 besar artikel terbaik yang dilihat dari jumlah sitasinya terdapat 3 peneliti asal Jerman yang memiliki sitasi terbanyak dengan total 350 sitasi. Kemudian peneliti asal Amerika dengan jumlah 273 sitasi yang disusul oleh peneliti asal Cina 181 sitasi, Bahrain 85 sitasi, Belanda 75 sitasi, Inggris 71 sitasi, dan terakhir Iran dengan jumlah 68 sitasi. Terdapat 9 penerbit terbaik yang dipilih berdasarkan jumlah artikel yang memiliki jumlah publikasi lebih dari 10 naskah setiap penerbit, berasal dari 574 artikel jurnal yang telah disempurnakan dengan kata kunci "Architectural Design, digital, design, dan architecture" dipresentasikan pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Sembilan peringkat penerbit berdasarkan jumlah yang diterbitkan sesuai topik tersebut

No	Publisher	Articles
1	Springer	76
2	Elsevier	47
3	Taylor & Francis	36
4	Research Gate	29
5	Sage PUB	22
6	MDPI	18
7	Korea Science	16
8	Trans Tech Publications	14
9	Wiley Online Library	12

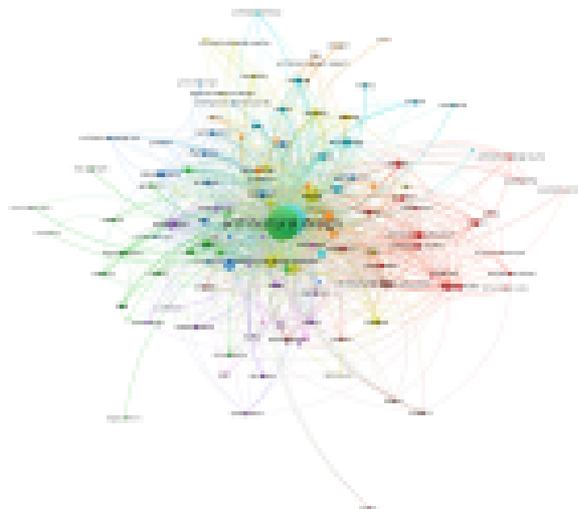
Tiga penerbit teratas juga merupakan 10 besar top penerbit di dunia akademik pada saat ini dan banyak menerbitkan jurnal-jurnal dalam bidang arsitektur. Khususnya penerbit Springer, sangat banyak artikel jurnal yang berkaitan dengan digital arsitektur dan jika kita melihat dari penelitian peneliti sebelumnya, juga cukup dominan dalam menerbitkan naskah-naskah yang berhubungan dengan Artificial Intelligence yang berkaitan dengan arsitektur.

Topik tentang digital arsitektur sebenarnya sudah cukup lama dibahas di dunia akademik, tetapi masih lebih banyak yang menggunakan arsitektur digital dalam ranah praktis. Sehingga penelitian dalam arsitektur digital masih belum terlalu banyak yang membahasnya. Berikut di bawah ini merupakan pengelola jurnal yang mempunyai relevansi dengan kata kunci "Architectural Design, digital, design, dan architecture" yang dipresentasikan pada tabel 4.

Tabel 4. 9 peringkat penerbit berdasarkan jumlah yang diterbitkan sesuai topik tersebut

No	Journal	Total Articles	Cites
1	Automation in Construction	6	424
2	Procedia-Social and Behavioral Science	10	200
3	Frontiers of Architectural Research	9	171
4	Design Studies	4	144
5	Archnet-IJAR, International Journal of Architectural Research	4	97
6	Nexus Network Journal	7	97
7	Sustainability	6	76
8	International Journal of Architectural Computing	7	63
9	Architectural Science Review	5	59
10	Buildings	8	50
11	Advanced Material Research	5	9
12	Applied Mechanics and Materials	9	7

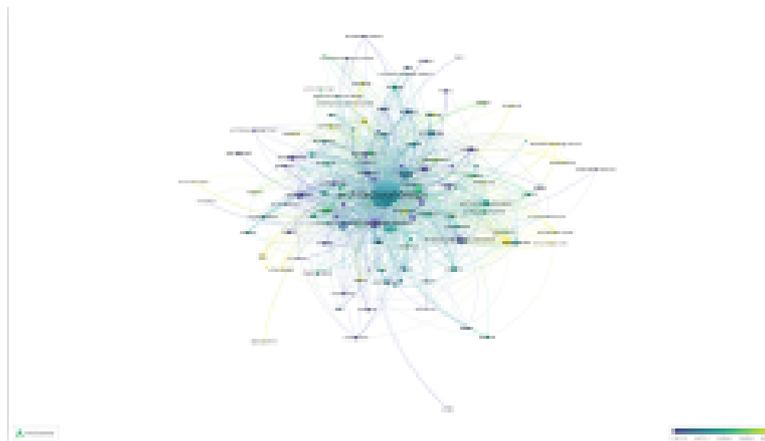
Tabel di atas menunjukkan bahwa jumlah naskah jurnal yang banyak dari suatu penerbit belum tentu memiliki jumlah sitasi yang banyak juga. Sebagai contoh jurnal yang memiliki jumlah sitasi terbanyak berasal dari jurnal Automation in Construction dengan 424 sitasi dalam 6 naskah jurnal yang terbit. Sedangkan di peringkat kedua adalah jurnal Procedia-Social and Behavioral Science dengan 200 sitasi dalam 10 naskah jurnal, dan di peringkat ketiga adalah Frontiers of Architectural Research dengan 171 sitasi dalam 9 naskah jurnal.



Gambar 2. Visualisasi jaringan pada basis data Google Scholar

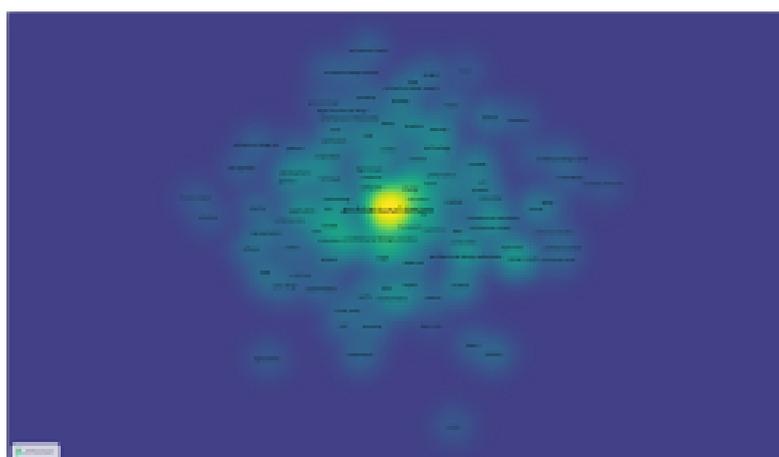
Tampilan visualisasi jaringan data dengan menggunakan VOSviewer pada data Google Scholar yang di dapat melalui perangkat lunak Publish or Perish terkait kata kunci "Architectural Design, digital, design, dan architecture" yang telah disempurnakan dalam pencarian awal, dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini. Visualisasi jaringan ini menandakan hubungan antara kata kunci yang satu dengan kata kunci yg lain berdasarkan klaster-klaster yang berlainan warna. Kesamaan warna gelembung dan jaringan dalam suatu klaster menandakan bahwa kata kunci kata kunci tersebut saling berhubungan, dan semakin besar gelembung pada visualisasi jaringan menandakan bahwa kata kunci yang ada dalam gelembung tersebut lebih banyak digunakan dalam penelitian-penelitian.

Pada VOSviewer juga dapat melihat visualisasi overlay yang menunjukkan tren yang terjadi dari tahun ke tahun yang berhubungan dengan topik tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.. Warna biru gelap pada jaringan dan gelembung pada gambar di atas menandakan bahwa penelitian tersebut merupakan penelitian yang lebih lama dan semakin kuning warna pada suatu jaringan dan gelembung menandakan bahwa penelitian tersebut merupakan penelitian yang lebih baru.



Gambar 3. Visualisasi overlay perubahan waktu penelitian pada basis data Google Scholar

Penggunaan perangkat lunak VOSviewer juga dapat membuat visualisasi yang menggambarkan kepadatan suatu penelitian yang terkonsentrasi pada kata kunci tertentu seperti gambar 4 di bawah ini.

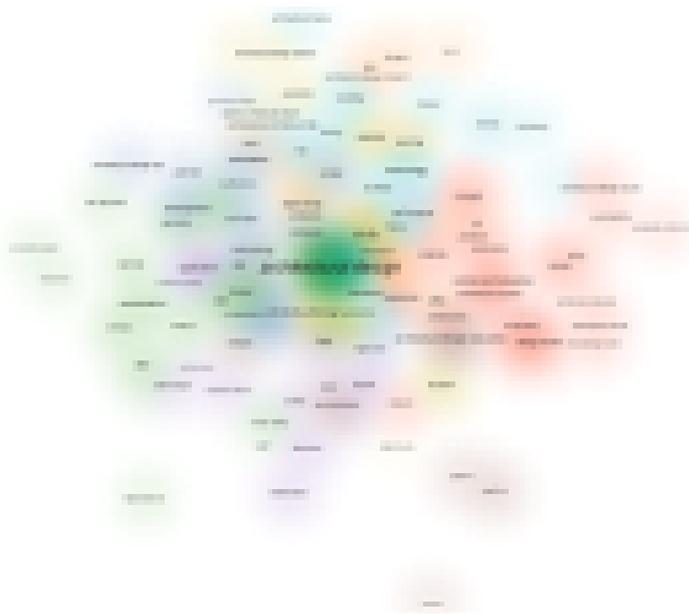


Gambar 4. Visualisasi kepadatan suatu perubahan pada basis data Google Scholar

Penelitian ini menggunakan kata kunci "*architectural design, digital, design, dan architecture*". Kata kunci tersebut dipilih karena belum ada penelitian yang mencoba untuk memetakan topik. Semakin padat dan jelas warna kuning dalam satu gelembung tertentu, maka semakin banyak penelitian yang menggunakan kata kunci tersebut. Begitu juga sebaliknya, semakin renggang dan transparan warna kuning dalam suatu gelembung tersebut, maka semakin sedikit juga penelitian yang menggunakan kata kunci tersebut. Dalam hal ini kata kunci *architectural design* merupakan kata kunci dengan kepadatan dan warna kuning yang sangat jelas.

Penggunaan perangkat lunak VOSviewer sebagai alat untuk menganalisa hasil pada basis data Google Scholar ini kemudian disarikan dari judul, kata kunci, dan abstrak dengan perhitungan lengkap jumlah minimum event yang ditetapkan adalah 2 sehingga ditemukan sebanyak 130 item kata-kata yang terdiri dari 9 cluster. Item kata-kata yang paling banyak muncul adalah "*architectural design, architecture, architectural design process*". Setiap item mewakili kata kunci yang ditunjukkan oleh besaran ukuran simpul. Dapat dikatakan bahwa ukuran simpul menunjukkan frekuensi kemunculan kata kunci bersama. Semakin besar simpul yang terlihat maka semakin banyak kemunculan kata tersebut begitu pula sebaliknya yang dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.

Untuk memperjelas kata kunci apa saja dalam setiap kluster maka dibuat tabel yang dapat memperlihatkan sebanyak apa kata kunci tersebut muncul di penelitian-penelitian yang terjaring oleh perangkat lunak Publish or Perish. Terdapat 9 kluster yang dapat diidentifikasi oleh perangkat lunak VOSviewer seperti yang terlihat seperti pada tabel 5 pada halaman selanjutnya.



Gambar 5. Visualisasi cluster item kata-kata pada basis data Google Scholar

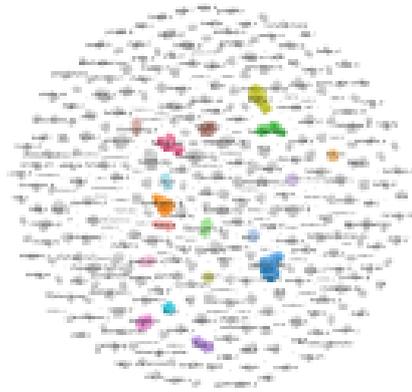
Tabel 5. 9 klaster dengan kata kunci yang saling berhubungan

No	Cluster	Element
1	The first cluster (red)	ability (10), architectural design course (10), architectural design studio (47), architectural education (41), architecture education (6), architecture school (10), architecture student (22), concept (33), construction (20), course (25), creativity (22), design studio (29), experience (22), medium (12), problem (19), process (49), relationship (11), sustainability (7), sustainable architecture (5), transformation (9), visual design studio (6)
2	The second cluster (green)	architectural design (566), bim (25), creation (14), data (16), digital platform (6), digital twin (6), early phase (5), engineering (21), geometry (15), information (11), machine (11), model (45), new approach (7), project (36), representation (18), simulation (25), software (15), structural analysis (5), visual reality (12), work (31)
3	The third cluster (blue)	architectural design tool (9), architectural idea (6), cad (5), computation (9), computational design (12), computer (28), contemporary architecture (10), context (26), development (14), digital fabrication (14), exploration (17), generative design (6), optimization (18), performance (20), potential (8), production (10), technique (24), tool (68), way (25)
4	The fourth cluster (yellow)	architectural design practice (9), architectural design process (79), architectural research (7), architecture design (22), art (8), design process (60), digital architectural design (8), digital model (7), digital studio (5), digital technology (28), effect (14), learning (22), possibility (12), practice (37), student (36), study (95)
5	The fifth cluster (purple)	application (51), architectural (6), area (10), collaboration (13), digital tool (12), evolution (15), impact (20), implementation (11), methodology (21), nature (14), parametric design (14), quality (11), stage (30), structure (16), urban design (10)
6	The sixth cluster (light blue)	architect (25), architectural theory (9), architecture (470), building (24), complexity (8), digital design tool (6), form (32), history (11), role (27), science (16), system (38), technology (46), theory (23)
7	The seventh cluster (orange)	architectural design research (7), architectural practice (19), contemporary architecture (10), designer (10), digital architecture (11), digital design (25), fabrication (13), future (6), idea (17), issue (10), research (62), space (32), time (9)
8	The eight cluster (brown)	analysis (17), architectural design education (57), environment (29), experiment (11), focus (12), pattern (8), platform (13), section (6)
9	The ninth cluster (pink)	caad (9), digital medium (9), framework (24), integration (16)

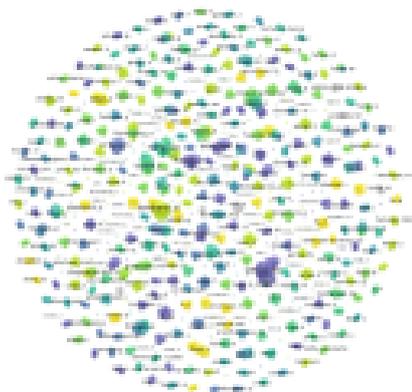
Visualisasi Author dan co-Author Menggunakan VOSviewer

Selain menganalisa kata kunci – kata kunci dalam artikel jurnal, VOSviewer juga dapat menganalisa kolaborasi antar penulis dalam artikel yang sama, jaringan terkait, dan pola kolaborasi antar individu yang dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini. Dalam visualisasi jaringan penulis ini, setiap simpul mewakili penulis dalam koneksi tulisannya dengan yang lain. Dalam jaringan ini, setiap simpul mewakili penulis dalam koneksi tulisannya.

Penelitian dapat dilakukan dengan cara kolaborasi antar penulis sehingga tidak selalu dilakukan secara perseorangan (Rohanda and Winoto 2019). Untuk itu dalam suatu penelitian diperlukan kolaborasi antara peneliti dan juga instansi baik dari sisi substansi ide penelitian, penggunaan dana, hingga sarana dan prasarana yang dapat membantu penelitian, sehingga dapat kesempatan dalam berbagi ilmu dan teknik tertentu (Widuri and Prasetyadi 2018). Visualisasi di bawah ini menunjukkan kelompok penulis dan kebaruan waktu penelitian pada Gambar 7. Visualisasi tersebut memberikan kemudahan kepada peneliti untuk mengidentifikasi peluang topik penelitian.



Gambar 6. Visualisasi jaringan antara penulis pada basis data Google Scholar



Gambar 7. Visualisasi jaringan antara penulis terhadap perubahan waktu basis data Google Scholar

Dalam gambar di atas, warna kuning menunjukkan sekelompok peneliti yang melakukan penelitian terbaru, sedangkan warna yang semakin gelap ke arah warna ungu menunjukkan bahwa sekelompok peneliti yang penelitiannya lebih lama. Jika dilihat warna kuning terang terlihat lebih banyak dari ungu gelap yang berarti bahwa makin banyak peneliti yang melakukan penelitian tentang topik tersebut. Topik dengan warna kuning meliputi topik architectural design process, architectural design practice, architectural research, architectural design, art, digital model, digital studio, digital technology, student, practice, learning dan elect. Topik dengan warna ungu meliputi application, architecture, area, collaboration, digital tolls, evolution, impact, implementation, methodology, nature, parametric design, structure and urban design.

Pada perangkat lunak VOSviewer terdapat klasterisasi berwarna yang menunjukkan pembagian jumlah author dan co-author sehingga kita dapat melihat kata kunci apa saja yang digunakan oleh sekelompok peneliti pada topik tersebut. Di bawah ini terdapat tabel yang menunjukkan author dan co-author terbanyak dan saling berkaitan dengan kata kunci dalam suatu topik penelitian.

Tabel 6. 7 cluster dengan jumlah peneliti terbanyak yang memiliki keterkaitan kata kunci penelitian

No	Cluster	Author - co Author	Keywords
1	The first cluster (red)	Antably, A E I; Cho, M; Hong, S W; Kalay, Y E; Kim, HJ; Kim, SJ; Lee, YG; Park J; Schaumann, D	Study, architectural design, behavior, simulation, virtual, behavioural, anthropomorphic, autonomous, adaptive, atypical
2	The second cluster (green)	Bao, DW; Cui, T; Snooks, R; Xie, YM; Yan, X; Zhou, Y; Zuo, Z	Architectural design, generative, form-finding, topology optimization, structural optimization, evolutionary
3	The third cluster (blue)	Akçay, FC; Kirci, N; Nurgul, I; Yavuz, AO; Yildirim, MT; Zenter, O	Architectural form, outer shell, flexibility architectural design, teaching methods, kinetic, integrated systems, digital visualization, digital-algorithmic, CAAD, algorithmic methods
4	The fourth cluster (yellow)	Dissaux, T; Elsen, C; Heylighen, A; Jancart, S; Stals, A; Vermeersch, PW; Vrouwe, I; Wauters, H	Parametric design, parametric modelling, parametric tools, complexity, architectural design, sensory experience, learning,
5	The fifth cluster (purple)	Chen, J; Cheng, J; Gao, D; Pan, Q; Qian, X; Wang, L; Zhao, S	performance-based, generative, architectural design, study, IOT, mixed reality, optimization -based, design exploration
6	The sixth cluster (light blue)	Fu, X P; Griffy-Brown, C; He, B; Mou, B; Yang, L; Ye, M	Digital technology, architectural design, energy-saving,
7	The seventh cluster (orange)	Agkathidis, A; Al-Suwaidi, M; Dounas, T; Haidar, A; Jabi, W; Lombardi D	immersive technologies, architectural education, animation, computational frameworks, framework, architectural design, topology generated, blockchain as infrastructure, BIM, blockchain integration

Pemetaan terhadap penulis yang saling bekerjasama dalam melakukan penelitian juga dapat dilihat dari mana saja lokasi mereka melakukan penelitian seperti yang terlihat pada gambar 8 di bawah ini. Dari hasil analisis tersebut tampak bahwa rata-rata penulis berasal dari Asia, Amerika, Eropa, dan Australia.



Gambar 8. Pemetaan author dan co-author berdasarkan negara tempat penulis tersebut tinggal

KESIMPULAN

Dalam penelitian arsitektur digital 10 tahun terakhir ini, terdapat 10 besar artikel dengan sitasi terbanyak dengan tema yang berkaitan dengan teori dan praktik arsitektural. Terdapat tujuh artikel yang berkaitan dengan praktik arsitektur adalah seperti Architectural Design, energy simulation, parametric approach, structure and construction, design optimization, robotic fabrication, architectural geometry. Selain itu terdapat 3 artikel yang berkaitan dengan teori arsitektur diantaranya, yaitu tentang philosophy and education. Jika dilihat dari potensi artikel tersebut yang di sitasi oleh banyak peneliti lainnya, topik tersebut dapat menjadi salah satu gap penelitian dalam ranah arsitektur digital.

Sembilan penerbit yang memiliki jumlah artikel terbanyak pada pencarian ini kebanyakan masih berasal dari negara maju seperti Jerman, Belanda, UK, Swiss, USA, dan Korea, dengan peringkat pertama jurnal yang memiliki sitasi terbanyak adalah Automation in Construction (6 artikel, 424 sitasi) dan yang kedua terbanyak adalah Procedia-Social and Behavioral Science yang sama-sama dari penerbit Elsevier, dengan asal penulis yang cukup beragam, dari Eropa, Amerika, Afrika hingga Asia. Sehingga topik ini terlihat masih banyak diminati di daerah Eropa Amerika dan ada sebagian kecil Asia dan Afrika.

Pada pemetaan author dan co author, terlihat adanya penulis yang melakukan penelitian seorang diri hingga kelompok penulis yang melakukan penelitian secara bersama hingga 9 orang dengan latar belakang dari beberapa negara berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh 9 peneliti tersebut adalah tentang study, architectural design, behavior, simulation, virtual, behavioural, anthropomorphic, autonomous, adaptive, atypical architecture. Selain itu topik seperti bioinspired, generative, form-finding, digital visualization, digital algorithmic, parametric, sensory experience, blockchain integration juga banyak dilakukan oleh peneliti secara bersama-sama (6 peneliti).

Tema penelitian tersebut terlihat lebih banyak berkaitan dengan studi, edukasi, dan riset yang berhubungan dengan teori arsitektur. Tetapi penelitian yang dilakukan dalam kelompok kecil (kurang dari 4 peneliti) biasanya melakukan penelitian yang lebih bersifat praktis seperti Building envelope, energy simulation, performance-driven architectural design, parametric approach, virtual reality, dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Baneyx, Audrey. 2008. "‘Publish or Perish’ as Citation Metrics Used to Analyze Scientific Output in the Humanities: International Case Studies in Economics, Geography, Social Sciences, Philosophy, and History." *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis* 56 (6): 363–71.
<https://doi.org/10.1007/s00005-008-0043-0>.
- Chaillou, Stanislas. 2019. "The Advent of Architectural AI - A Historical Perspective." *Towards Data Science*, 1–17.
- Eck, Nees Jan van, and Ludo Waltman. 2010. "Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping." *Scientometrics* 84 (2): 523–38.
<https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.
- Garza-Reyes, Jose Arturo. 2015. "Lean and Green-a Systematic Review of the State of the Art Literature." *Journal of Cleaner Production* 102: 18–29.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.064>.
- Grisaleña, Jon Arteta. 2017. "Digital Design Strategies: Ways To Think, Conceive and Implement the Digital in Architectural Design," 1–19.

- Martínez-López, Francisco J, José M Merigó, Juan Carlos Gázquez-Abad, and José Luis Ruiz-Real. 2020. "Industrial Marketing Management: Bibliometric Overview since Its Foundation." *Industrial Marketing Management* 84: 19–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.07.014>.
- McCarthy, John. 2008. "The Philosophy of AI and the AI of Philosophy." *Philosophy of Information*, 711–40. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51726-5.50022-4>.
- Norvig, Stuart Russell and Peter. 2019. *Artificial Intelligence A Modern Approach 4th Ed.* Journal of Chemical Information and Modeling. Vol. 53.
- Nunen, Karolien van, Jie Li, Genserik Reniers, and Koen Ponnet. 2018. "Bibliometric Analysis of Safety Culture Research." *Safety Science* 108 (June): 248–58. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.08.011>.
- Oxman, Rivka. 2006. "Theory and Design in the First Digital Age." *Design Studies* 27 (3): 229–65. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.002>.
- Raymond, McLeod Jr., and P. Schell George. 2008. *Sistem Informasi Manajemen (Ed.10)*. Penerbit Salemba. <https://books.google.co.id/books?id=2aXEg7DtCS0C>.
- Rohanda, Rohanda, and Yunus Winoto. 2019. "Analisis Bibliometrika Tingkat Kolaborasi , Produktivitas Penulis , Serta Profil Artikel Jurnal Kajian Informasi & Perpustakaan Tahun 2014-2018," no. June. <https://doi.org/10.18326/pustabilia.v3i1.1-16>.
- Russell, S J, P Norvig, and J F Canny. 2003. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence. Prentice Hall/Pearson Education. <https://books.google.co.id/books?id=KI2WQgAACAAJ>.
- Setyaningsih, Ira, Nurul Indarti, and Ferry Jie. 2018. "Bibliometric Analysis of the Term 'Green Manufacturing.'" *International Journal of Management Concepts and Philosophy* 11 (3): 315. <https://doi.org/10.1504/ijmcp.2018.093500>.
- Steele, Laura. 2014. "From Aristotle to Artificial Intelligence Can Ancient Theories Be Applied to Modern Ethical."
- Tranfield, David, David Denyer, and Palminder Smart. 2003. "Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review." *British Journal of Management* 14: 207–22. <https://doi.org/10.1080/16258312.2014.11517339>.
- Widuri, Noorika Retno, and Abdurrahman Prasetyadi. 2018. "Tingkat Kolaborasi , Produktivitas Penulis Dan Artikel Metrik Pada Jurnal Mechatronics , Electrical Power , and Vehicular Technology" 14 (1). <https://doi.org/10.22146/bip.33408>.