

## PENERAPAN BIM UNTUK OPTIMALISASI MANAJEMEN BIAYA KONSTRUKSI

Ludwinia Clarissa Tarukan ([ludwiniatarukan@gmail.com](mailto:ludwiniatarukan@gmail.com))

### ABSTRAK

Biaya konstruksi yang tidak terkendali dapat menyebabkan pembengkakan anggaran, keterlambatan proyek, dan bahkan kegagalan proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, manajemen biaya yang baik menjadi kunci keberhasilan dalam setiap proyek konstruksi. BIM menjadi salah satu solusi yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah dalam manajemen biaya konstruksi. Makalah ini membahas tren publikasi mengenai BIM dalam manajemen biaya konstruksi yang terindeks Scopus. Pemetaan bibliometrik dilakukan dengan menggunakan *software* VOSviewer. Ditemukan sebanyak 194 dokumen melalui *database* Scopus dengan rentang waktu dari tahun 2015 hingga tahun 2024. Hasil menunjukkan bahwa publikasi tertinggi yang terindeks scopus terjadi pada tahun 2021 yaitu mencapai 45 publikasi (23%). Negara dengan jumlah publikasi terbanyak yaitu China, yaitu sebanyak 111 dokumen. Berdasarkan tinjauan dari artikel-artikel yang terkumpul, diketahui bahwa manajemen biaya konstruksi merupakan sarana pengelolaan untuk meminimalkan biaya proyek dan memaksimalkan keuntungan ekonomi melalui serangkaian proses, yaitu perencanaan, pengendalian, akuntansi, serta analisis terhadap berbagai sumber daya seperti bahan, peralatan, tenaga kerja, dan lainnya yang terlibat dalam proses konstruksi. Teknologi BIM 5D dapat mewujudkan penyempurnaan manajemen biaya proyek dan meningkatkan kemampuan manajemen biaya pada tahap konstruksi. Manfaat penerapan BIM dalam manajemen biaya konstruksi yaitu mengevaluasi biaya dan jadwal proyek konstruksi, dan memberikan tingkat presisi dan efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode estimasi tradisional.

**Kata Kunci:** manajemen biaya, BIM, analisis bibliometrik

### ABSTRACT

*Uncontrolled construction costs can result in budget overruns, project delays, and even complete project failure. Therefore, effective cost management is critical to the success of any construction project. BIM has emerged as a solution to address issues in construction cost management. This paper explores publication trends related to BIM in construction cost management indexed by Scopus. Bibliometric mapping was conducted using VOSviewer software, identifying 194 documents in the Scopus database from 2015 to 2024. The highest number of publications occurred in 2021, accounting for 45 publications (23%). China is the leading contributor with 111 documents. A review of the collected articles indicates that construction cost management aims to minimize project costs and maximize economic benefits through processes such as planning, control, accounting, and analysis of resources like materials, equipment, and labor involved in construction. 5D BIM technology enhances project cost management and improves cost control during the construction phase. The benefits of implementing BIM in construction cost management include evaluating construction project costs and schedules with greater precision and efficiency than traditional estimation methods.*

**Keywords:** cost management, BIM, bibliometric analysis.

## PENDAHULUAN

Industri konstruksi dikenal sebagai sektor kompleks dan melibatkan banyak pihak dengan berbagai kepentingan. Salah satu tantangan utama dalam proyek konstruksi adalah pengelolaan biaya yang efektif dan efisien. Biaya konstruksi yang tidak terkendali dapat menyebabkan pembengkakan anggaran, keterlambatan proyek, dan bahkan kegagalan proyek secara keseluruhan. Alasan

utamanya adalah karena industri konstruksi sangat padat sumber daya, sehingga banyak proyek yang menghadapi kelangkaan sumber daya, variasi biaya bahan dan peralatan, biaya tak terduga, dan insiden selama proses konstruksi (Sepazgozar, dkk., 2022). Oleh karena itu, manajemen biaya yang baik menjadi kunci keberhasilan dalam setiap proyek konstruksi.

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi Building Information Modeling (BIM) telah muncul sebagai alat yang sangat bermanfaat dalam mengelola berbagai aspek proyek konstruksi, termasuk manajemen biaya. BIM adalah metode desain, konstruksi, dan manajemen bangunan digital yang terintegrasi Metode ini mengintegrasikan informasi seperti struktur bangunan, peralatan, konstruksi, dan operasi melalui pembentukan model 3D, sehingga mencapai manajemen yang komprehensif di seluruh siklus hidup (Yang Y., 2023). BIM membantu mengidentifikasi potensi masalah dan penundaan sejak dini, yang memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih efisien dan pada akhirnya menghasilkan jadwal proyek yang lebih baik (Farouk, 2023).

Terdapat beberapa penelitian terdahulu mengenai penerapan BIM untuk optimalisasi manajemen biaya konstruksi. Chen dan Fang (2024) melakukan penelitian mengenai aplikasi teknologi BIM dalam manajemen biaya konstruksi. Hasilnya bahwa teknologi BIM dalam manajemen biaya dapat memberikan kinerja yang unggul dalam manajemen konstruksi, meningkatkan efisiensi dan kualitas manajemen biaya proyek konstruksi. Secara keseluruhan, penerapan teknologi BIM yang komprehensif memainkan peran penting dalam memecahkan masalah yang ada dalam manajemen biaya tradisional dan meningkatkan efisiensi dan akurasi manajemen. Feiyan dan Jie (2021), menunjukkan bahwa Berdasarkan BIM, manajemen kolaboratif pengendalian biaya dan manajemen biaya, yang akan meningkatkan pengendalian biaya dan manajemen biaya di semua tahap, seperti pengambilan keputusan proyek, penawaran, desain, konstruksi, dan penyelesaian penyelesaian. Melalui pengendalian dinamis dapat mencapai pengendalian biaya proyek, yang akan mengurangi biaya dan mencapai tujuan pengendalian biaya.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam makalah ini akan dibahas mengenai tren publikasi BIM dan penerapan BIM untuk optimalisasi manajemen biaya konstruksi. Pembahasan ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan tren publikasi BIM dalam manajemen biaya konstruksi yang terindeks scopus dari tahun 2015 hingga 2024 serta memperoleh pemahaman mengenai implementasi BIM dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan biaya konstruksi.

## TINJAUAN PUSTAKA

### BIM

Menurut ISO 19650: 2019, BIM merupakan penggunaan bersama representasi digital dari aset yang dibangun untuk memfasilitasi proses desain, konstruksi dan operasi untuk membentuk dasar yang andal untuk pengambilan keputusan. Dalam Hilmi, dkk. (2018), pemodelan BIM tidak hanya merepresentasikan 2D dan 3D saja, namun dapat diperoleh hingga 4D, 5D, 6D dan bahkan sampai 7D. BIM 3D merupakan pemodelan berbasis objek dengan pendekatan parametrik. BIM 4D mencakup pengelolaan urutan kerja dan penjadwalan, termasuk material, tenaga kerja, luas area, durasi waktu, dan aspek lainnya. BIM 5D melibatkan estimasi biaya serta penyusunan daftar komponen (part-lists). BIM 6D mempertimbangkan dampak lingkungan melalui analisis energi dan deteksi konflik. Sementara itu, BIM 7D digunakan untuk manajemen fasilitas.

### Peran BIM dalam Optimalisasi Manajemen Biaya

Pada BIM 5D, menghubungkan data biaya dengan daftar kuantitas yang dihasilkan dari model 3D, sehingga dapat menghasilkan estimasi biaya yang lebih akurat.

Dalam Chen dan Fang (2024), penerapan teknologi BIM dalam manajemen biaya proyek mencakup lima metode utama: inspeksi konflik, penghematan biaya, pengendalian biaya, simulasi konstruksi, dan visualisasi akuntansi serta kesulitan konstruksi. Pendekatan ini secara signifikan meningkatkan manajemen proyek dan pengendalian biaya.

Dalam Chen, Gacheri & Sun (2024), atribut BIM seperti ukuran tim, tingkat keahlian, pelatihan dan pengalaman, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja proyek konstruksi. Atribut tersebut berdampak pada area kinerja utama, antara lain efisiensi desain, pengurangan kesalahan serta kepatuhan terhadap jadwal dan anggaran.

Dalam Nsimbe & Di (2024), hasil temuan menunjukkan bahwa 40% pemangku kepentingan AEC mengakui nilai teknologi ini. Hal ini didukung oleh 70% responden yang menilai BIM sebagai teknologi yang sangat efektif terhadap estimasi biaya proyek teknik sipil di Kenya.

## METODE PENELITIAN

Studi ini bertujuan untuk mengetahui tren publikasi tentang BIM untuk optimalisasi manajemen biaya konstruksi yang terindex Scopus dengan melakukan analisis bibliometrik, kemudian dilanjutkan dengan melakukan tinjauan literatur mengenai penerapan BIM dalam manajemen biaya konstruksi dan manfaat penerapan BIM dalam manajemen biaya konstruksi. Penyusunan makalah ini menggunakan metode campuran yaitu kombinasi dari metode kualitatif dan kuantitatif. Metode campuran ini terdiri dari analisis bibliometrik dan tinjauan literatur untuk menganalisis literatur selama 10 tahun terakhir dan memberi penjelasan mengenai penerapan BIM dalam manajemen biaya konstruksi dan manfaat penerapan BIM dalam manajemen biaya konstruksi.

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada studi ini menggunakan *database* Scopus. Pemilihan menggunakan Scopus karena Scopus merupakan salah satu database (pusat data) kutipan/literatur ilmiah yang dimiliki oleh penerbit terkemuka dunia yaitu Elsevier (Herawati, dkk, 2021). Pencarian pada Scopus menggunakan kata kunci “*Cost Management*” atau “*Cost*” dan “*Building Information Modeling*” atau “BIM”. Pada studi ini menggunakan jenis dokumen berupa *article*, *conference paper*, dan *reviews* agar dapat menggambarkan secara menyeluruh mengenai penelitian yang ada. Studi ini meneliti publikasi yang telah diterbitkan 10 tahun terakhir yaitu pada tahun 2015 hingga 2024. Dokumen yang dipilih terbatas yaitu dokumen yang menggunakan Bahasa Inggris karena VOSviewer hanya dapat mengolah dokumen yang berbahasa Inggris. Diperoleh sebanyak 194 dokumen publikasi, yang selanjutnya akan digunakan dalam tahap analisis.

### Analisis Bibliometrik

Analisis bibliometrik merupakan sebuah metode kuantitatif untuk menganalisis data bibliografi yang ada di artikel/jurnal. Analisis bibliometrik digunakan untuk menyelidiki referensi artikel ilmiah yang dikutip dalam sebuah jurnal, pemetaan bidang ilmiah sebuah jurnal, dan untuk mengelompokkan artikel ilmiah yang sesuai dengan suatu bidang penelitian (Effendy, dkk, 2021). VOSViewer adalah *software* yang digunakan untuk memvisualisasikan peta bibliometrik. VOSViewer dapat menyajikan dan memvisualisasikan informasi khusus tentang peta grafik bibliometrik sehingga lebih mudah untuk menafsirkan suatu hubungan atau jaringan (Herawati, dkk, 2021). Ada banyak teknik bibliometrik yang dapat disajikan oleh VOSviewer seperti analisis penulis bersama (*co-authorship*), kemunculan bersama (*co-occurrence*), kutipan (*citation*) kutipan bersama (*co-citations*), dan penggabungan bibliografi.

## ANALISIS DATA

Pada bagian ini menyajikan hasil analisis bibliometrik yang telah dilakukan. Dalam analisis bibliometrik, karakteristik publikasi ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik, seperti tren tahunan jumlah publikasi, daftar penulis, negara atau wilayah penulis, sumber publikasi dan kata kunci yang sering digunakan.

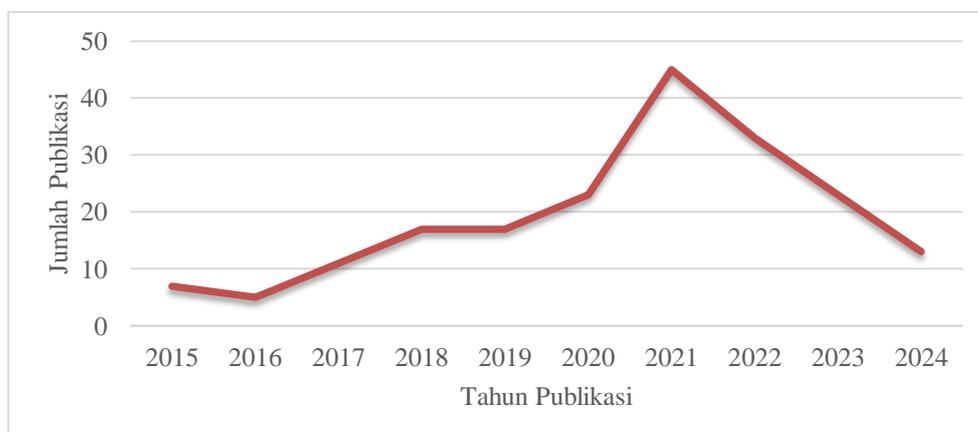
### Perkembangan Publikasi Tahunan

Perkembangan publikasi tahunan mengenai BIM dalam manajemen biaya konstruksi dari tahun 2015 hingga 2024 diambil dari data pada Scopus. Publikasi yang terindeks Scopus tertinggi terjadi pada tahun 2021 yaitu mencapai 45 publikasi (23%). Perkembangan publikasi tahunan secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perkembangan Publikasi Tahunan

Tahun Publikasi	Jumlah Publikasi	Persentase
2015	7	4%
2016	5	3%
2017	11	6%
2018	17	9%
2019	17	9%
2020	23	12%
2021	45	23%
2022	33	17%
2023	23	12%
2024	13	7%
Total Jumlah Publikasi		194

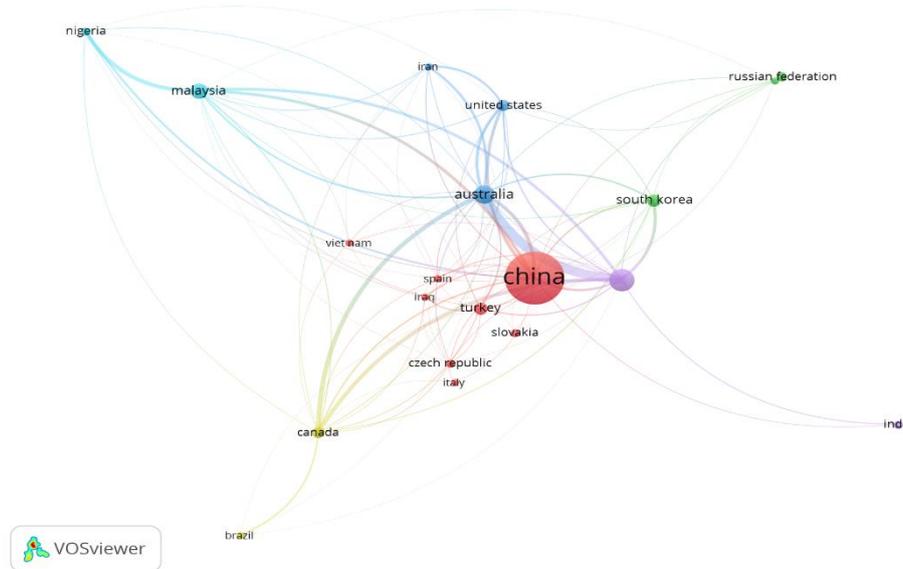
Peningkatan publikasi yang signifikan terjadi pada tahun 2020 hingga tahun 2021 yaitu meningkat sebanyak 22 publikasi. Publikasi pada tahun 2020 sebanyak 23 publikasi, kemudian meningkat menjadi 45 publikasi pada tahun 2021. Tren publikasi dokumen dari tahun 2015 hingga tahun 2024 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tren Publikasi Dokumen

### Keterlibatan Negara dalam Penelitian

Pemetaan jaringan dari negara menunjukkan keterkaitan antara negara yang berkontribusi dalam artikel dengan BIM dalam manajemen biaya konstruksi. Dengan menetapkan batasan jumlah dokumen sebanyak minimum 2 dari tiap negara, terbentuk pemetaan jaringan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan jumlah minimum dokumen tiap negara yang telah ditetapkan, dari total keseluruhan negara sebanyak 34 negara, terdapat 20 negara yang memenuhi dan saling berkaitan satu dengan yang lain.



Gambar 2. Jaringan dari Negara

Besarnya node yang mewakili setiap negara menunjukkan bahwa semakin banyak dokumen yang dihasilkan oleh negara tersebut. Semakin besar ukuran lingkaran berarti semakin banyak dokumen yang dipublikasikan oleh negara tersebut dan begitupun sebaliknya. Berdasarkan pemetaan jaringan yang terbentuk, dapat dilihat tiga negara dengan jumlah publikasi terbanyak yaitu China (111 dokumen), Inggris (20 dokumen) dan Australia (14 dokumen).

Selain itu, analisis juga dilakukan terhadap kutipan antar negara/wilayah menggunakan metode *bibliographic coupling*. Dengan menetapkan batasan minimum 1 dokumen dari setiap negara, kekuatan total hubungan bibliografi antara satu negara dengan negara lainnya dihitung. Penggabungan bibliografi terjadi ketika dua karya mereferensikan karya ketiga yang sama dalam bibliografi mereka (Ronoatmojo, 2022). Hasil menunjukkan bahwa Australia memiliki hubungan bibliografi terkuat sebanyak 2566 hubungan, Inggris sebanyak 2500 hubungan dan China sebanyak 733 hubungan. Hasil analisis dari pemetaan jaringan negara secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 2.

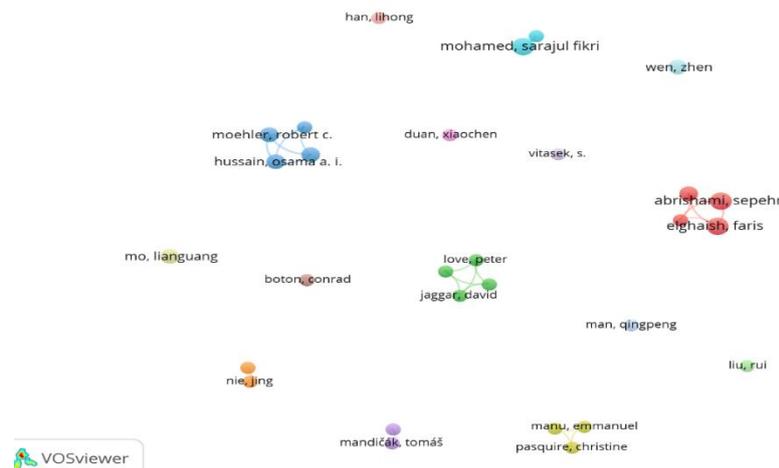
Tabel 2. Analisis Jaringan Negara

Negara	Jumlah Dokumen	Jumlah Kutipan	Total Link Strength ( <i>Bibliographic Coupling</i> )
China	111	391	733
Inggris	20	230	2500
Australia	14	238	2566

Malaysia	10	31	683
Korea Selatan	6	21	245
Turki	6	42	133
Kanada	5	137	722
Amerika Serikat	5	172	442
Rusia	4	8	1
Republik Ceko	3	7	36

### Produktivitas Penulis

Tingkat produktivitas penulis dapat dilihat dari banyaknya dokumen yang mereka hasilkan. Jaringan *co-authorship* menunjukkan pola kolaborasi antara para penulis. Berdasarkan visualisasi jaringan *co-authorship* yang terbentuk pada Gambar 3, terlihat bahwa banyak penulis yang berdiri sendiri dan tidak banyak keterkaitan atau kolaborasi antara satu penulis dengan penulis lainnya. Dengan menetapkan batasan jumlah dokumen sebanyak minimum 2 dokumen dari tiap penulis, dari total keseluruhan penulis yaitu sebanyak 502 penulis, terdapat 29 penulis yang memenuhi syarat.



Gambar 3. Jaringan Penulisan Bersama

Dari total 502 penulis, 10 penulis paling produktif dengan minimal 10 dokumen dan 5 kutipan dianalisis dan disajikan pada Tabel 3. Penulis dengan publikasi terbanyak yaitu 4 dokumen adalah Sepehr A., Faris E. dan Sarajul Fikri M. Total link strength (TLS) yang berkisaran antara 6 sampai 8, menunjukkan kolaborasi yang kuat antar beberapa penulis. Penulis yang menempati posisi tiga teratas dengan kutipan terbanyak adalah Sacks R. (48 kutipan), Eastman C. (41 kutipan), dan Lee G. (36 kutipan).

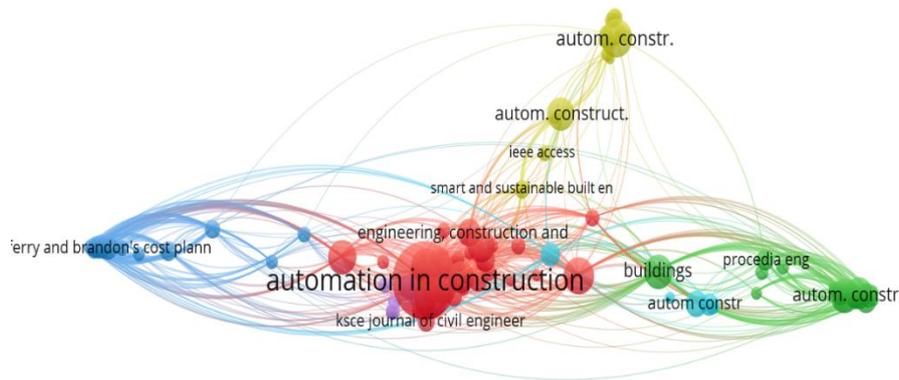
Tabel 3. Analisis Produktivitas Penulis

Penulis	Co-Authorship			Penulis	Co-Citation	
	Jumlah Dokumen	Jumlah Kutipan	Total Link Strength		Jumlah Kutipan	Total Link Strength
Sepehr A.	4	119	8	Sacks R.	48	1080
Faris E.	4	69	6	Eastman C.	41	1211
Sarajul Fikri M.	4	14	2	Lee G.	36	1673
M. Reza Hosseine	3	100	7	Li H.	34	475

Osama A. I. H.	3	4	8	Smith J.	34	3925
Lianguang M.	3	3	0	Wang X.	34	623
Robert C. M.	3	4	8	Ballard G.	31	1187
Stuart D. C. W.	3	4	8	M. Reza Hosseine	31	981
Zhen W.	3	4	0	Teicholz P.	30	838
Dominic D. A.	2	4	6	Ashworth A.	28	2254

### Sumber/Tempat Publikasi

Berdasarkan hasil analisis dari 2675 tempat publikasi, dengan menetapkan batasan minimum 5 kutipan, terdapat 112 tempat publikasi yang memenuhi syarat. Berdasarkan batasan yang telah ditetapkan, terbentuk pemetaan jaringan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Analisis kutipan bersama dari sumber (*co-citation of source*) bertujuan untuk mengidentifikasi sejumlah dokumen yaitu jurnal-jurnal yang telah dipilih, yang menjadi tempat publikasi dari dokumen-dokumen tersebut. Tempat publikasi dengan jumlah kutipan terbanyak adalah *Automation in Construction* yaitu sebanyak 306 kutipan dan *total link strength* sebanyak 3680. Tempat publikasi yang menempati posisi 10 teratas jumlah kutipan terbanyak ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 4. Jaringan Kutipan Bersama Sumber

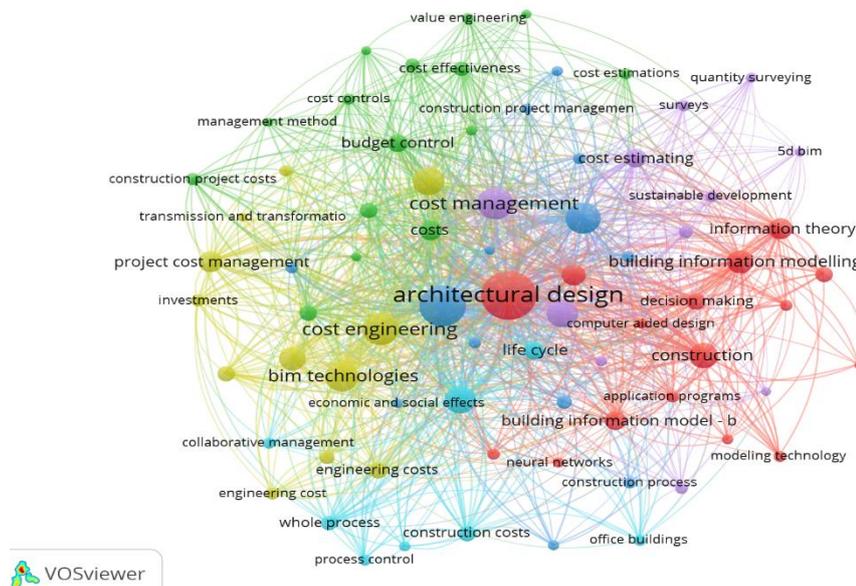
Tabel 4. Tempat Publikasi 10 Teratas

Peringkat	Tempat Publikasi	Jumlah Kutipan	Total Link Strength
1	Automation in Construction	306	3680
2	International Journal of Project Management	80	1603
3	Journal of Construction Engineering and Management	54	434
4	Construction Management and economics	40	1275
5	International Journal of Construction Management	35	925
6	Procedia Engineering	34	1355
7	Engineering, Construction and Architectural Management	26	370
8	Journal of Computing in Civil Engineering	22	509
9	Journal of Cleaner Production	19	459
10	Journal of Management in Engineering	19	709

## Analisis Kata Kunci

Salah satu keberhasilan dalam proses penelitian tergantung pada ketepatan seorang peneliti dalam menuliskan kata kunci (Siswadi, 2013). Dalam menganalisis kata kunci pada VOSviewer, terdapat tiga pilihan yang diberikan untuk ditampilkan yaitu *all keywords*, *indeks keywords*, dan *author keywords* (Putri, 2021). Dalam analisis ini, kata kunci penulis di analisis untuk menghasilkan pemetaan jaringan kata kunci yang muncul bersama (*keywords co-occurrence network*).

Pada tahap analisis, diperoleh sebanyak 1197 kata kunci penulis yang digunakan dalam artikel yang terpilih. Dengan menetapkan batasan kata kunci sebanyak minimum 5 pada setiap dokumen, terdapat 75 kata kunci yang memiliki hubungan yang kuat. Peta jaringan kemunculan bersama kata kunci ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Jaringan Bersama Kata Kunci

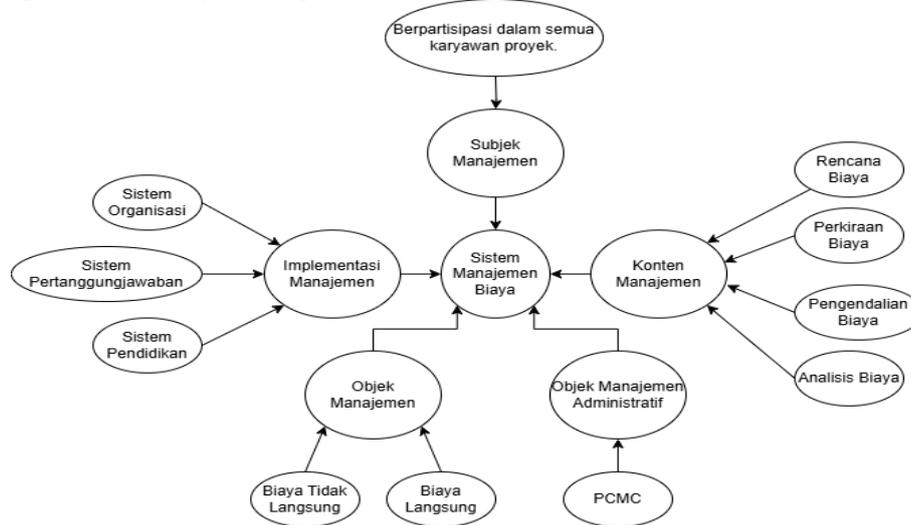
Berdasarkan pemetaan jaringan kata kunci yang dihasilkan, terlihat bahwa “*architectural design*” menjadi kata kunci dengan kemunculan terbanyak yaitu sebanyak 136 kali. Kata kunci ini memiliki keterkaitan dengan beberapa kata kunci lainnya seperti *building information modeling*, *modeling technology* dan *construction*. Jaringan kemunculan bersama kata kunci terdiri dari 6 kluster dan kekuatan total hubungan sebanyak 5627.

Selain *network visualization*, pada VOSviewer dapat menampilkan *overlay visualization*. Setiap node pada *overlay visualization* memiliki warna yang bergantung pada tahun kemunculan kata kunci. Semakin gelap hasil visualisasi maka hal tersebut menunjukkan penelitian yang telah dilakukan sudah semakin lama dipublikasikan. Sebaliknya, jika visualisasi menunjukkan warna yang semakin terang, maka penelitian tersebut baru saja dilakukan. *Overlay visualization* bertujuan untuk menampilkan hubungan antar topik dengan keterangan tahun (Putri, 2021). Hasil *overlay visualization* dari semua kata kunci ditunjukkan pada Gambar 6.

Berdasarkan pemetaan jaringan pada *overlay visualization*, kata kunci “*cost management*” yang terkait dengan manajemen biaya konstruksi ditunjukkan dengan berwarna hijau muda. Hal tersebut menunjukkan penelitian dengan kata kunci “*cost management*” banyak diteliti pada rentang waktu antara tahun 2020 hingga tahun 2021. Pada kata kunci “*building information modeling*” ditunjukkan dengan berwarna hijau agak tua yang berarti bahwa penelitian terkait BIM banyak diteliti pada tahun 2020. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian terkait pemanfaatan BIM untuk manajemen biaya konstruksi memiliki peluang besar untuk lebih dikembangkan di masa depan.



estimasi biaya, anggaran biaya, dan pengendalian biaya. Dalam pelaksanaan keseluruhan proyek, manajemen biaya dapat memastikan bahwa proyek dapat menyelesaikan pekerjaan setiap tahap dengan sebaik-baiknya, yang perlu dilakukan sesuai dengan anggaran biaya yang telah disetujui (Feiyan dan Jie, 2021). Susunan sistem kerangka manajemen biaya proyek konstruksi menurut Chen dan Fang (2020) ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Sistem Kerangka Kerja Manajemen Biaya Proyek Konstruksi

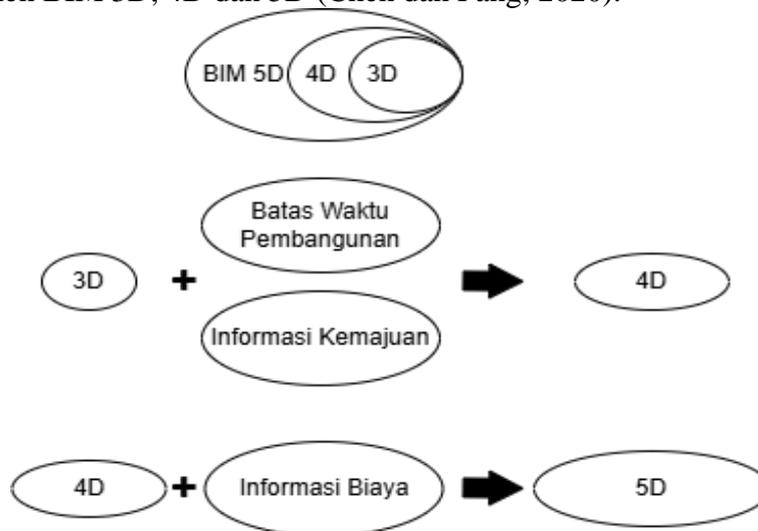
### Penerapan Teknologi BIM dalam Manajemen Biaya Konstruksi

Sebagai teknologi informasi yang canggih, BIM mengekspresikan struktural, fungsi, dan karakteristik dalam bentuk digital. Karakteristik berbagi sumber daya dari BIM mendorong kemungkinan untuk mengintegrasikan model arsitektur dan model proyek konstruksi, yang dapat digunakan di sepanjang siklus hidup proyek. Pada periode proyek yang berbeda, pihak-pihak terkait yang terlibat dalam proyek menggunakan platform BIM untuk memasukkan, mengekstrak, dan memperbarui data, serta bekerja sama untuk menyelesaikan pembangunan proyek. Menurut Chen dan Fang (2020) BIM dapat diterapkan pada lima aspek manajemen proyek, sebagai berikut:

1. Memeriksa konflik dan menghemat biaya. Gunakan teknologi 3D visualisasi BIM untuk mengurangi tabrakan dan merasionalisasi skema. Personel konstruksi di lokasi dapat melihat skema desain tiga dimensi yang jelas dan kondusif untuk konstruksi berkualitas tinggi.
2. Pengendalian biaya. BIM3D dapat digunakan untuk mensimulasikan konstruksi, dan masalah dapat ditemukan dalam proses konstruksi yang dapat disimulasikan dan diperbaiki tepat waktu. Pada saat yang sama, parameter waktu ditambahkan ke model, dan kemajuan proyek dapat dilihat secara intuitif, untuk mengatur pendekatan dan waktu kerja tenaga kerja, material, dan mesin secara wajar, meningkatkan efisiensi manajemen proyek, dan mencapai pengendalian biaya proses implementasi.
3. Konstruksi simulasi dan skema yang dioptimalkan. Teknologi BIM 4D digunakan untuk meningkatkan informasi biaya berdasarkan model 3D, mengoptimalkan proses konstruksi, mengurangi fenomena pengerjaan ulang dan kesalahan, serta mengurangi biaya.
4. Penghitungan biaya secara visual. Visualisasi BIM memiliki keunggulan dalam hal ketepatan dan kecepatan untuk penghitungan biaya. Dalam mode tradisional, perhitungan akuntansi sangat banyak, struktur profesionalnya rumit, dan perhitungan pekerjaannya besar. Melalui analisis dan perhitungan pembelian, pergudangan, produksi, dan indikator keuangan dalam model, hasilnya jelas dan akurat.

5. Kesulitan visualisasi konstruksi. Untuk kesulitan konstruksi dalam proyek, seperti konflik lokasi, halangan, ketidakpastian desain, teknologi konstruksi yang kompleks, lokasi geografis yang keras, sulitnya pemasangan komponen berbentuk khusus, dll., penggunaan visualisasi BIM 3D secara intuitif dapat menunjukkan lokasi konstruksi terlebih dahulu, dan sangat meningkatkan efisiensi dan akurasi konstruksi melalui analisis dan simulasi metode konstruksi.

BIM sebagai model informasi bangunan yang menekankan pada integrasi model informasi yang berkaitan dengan siklus hidup bangunan proyek. Hal ini berdasarkan model 3D yang dapat menambahkan dimensi untuk membentuk 4D. Selanjutnya, model dan informasi dimensi biaya yang terintegrasi dapat membangun model 5D (Hu Y., 2020). Pada gambar 8 menunjukkan hubungan komponen BIM 3D, 4D dan 5D (Chen dan Fang, 2020).



Gambar 8. Hubungan Komponen BIM 3D, 4D dan 5D.

### Metode Penerapan Teknologi BIM 5D dalam Manajemen Biaya Konstruksi

Penerapan dan promosi teknologi BIM tidak hanya merupakan peningkatan teknis pada industri konstruksi, tetapi juga merupakan revolusi pada konsep tradisional teknik konstruksi (Tang dan Liu, 2022). Teknologi BIM 5D dapat mewujudkan penyempurnaan manajemen biaya proyek dan meningkatkan kemampuan manajemen biaya pada tahap konstruksi (Chen dan Fang, 2020). Berdasarkan Liao (2021), metode penerapan teknologi BIM 5D dalam manajemen biaya konstruksi terdiri dari 4, sebagai berikut.

#### 1. Tahap Keputusan Investasi

Estimasi investasi yang akurat adalah salah satu tujuan utama manajemen biaya dalam tahap pengambilan keputusan investasi. Untuk mencapai tujuan penting ini, harus ada sejumlah besar database data proyek yang serupa dan sistem indeks biaya yang serupa. Inilah fungsi yang kuat dari teknologi BIM. Teknologi BIM dapat dengan cepat dan akurat mengumpulkan dan meringkas data historis yang telah selesai, dan memberikan informasi data yang ilmiah dan komprehensif untuk proses pengambilan keputusan investasi.

#### 2. Tahap Fase Desain

Penerapan teknologi BIM dikombinasikan dengan kelengkapan informasi proyek investasi dan desain dapat sangat meningkatkan rasionalitas desain dan secara efektif melakukan manajemen biaya. Pada tahap desain, penerapan teknologi BIM terutama mencakup simulasi konstruksi, analisis desain dan desain kolaboratif, komunikasi visual, pemeriksaan tabrakan, pembentukan gambar konstruksi, dan pada akhirnya mencapai tujuan manajemen biaya terbaik.

### 3. Tahap Penawaran

Tahap penawaran merupakan bagian penting dari manajemen biaya proyek, dan teknologi BIM memainkan peran penting. Dengan menggunakan teknologi BIM, praktisi biaya dapat dengan cepat dan akurat mendapatkan proyek dengan mengandalkan model BIM. Hal ini sangat meningkatkan efisiensi dan akurasi kerja, sehingga mendapatkan inisiatif untuk pengendalian biaya yang efektif.

### 4. Tahap Konstruksi

Tahap konstruksi adalah tahap pembentukan proyek konstruksi, dengan masa konstruksi yang lama, banyak peserta, dan berbagai faktor yang mempengaruhi. Melalui teknologi BIM, dapat secara intuitif dan tepat waktu memahami kemajuan dan konsumsi sumber daya dari setiap sub-proyek, dan secara dinamis menyesuaikan biaya. Selain itu, teknologi ini juga memiliki keuntungan yang jelas dalam pembayaran progres dan penanganan klaim perubahan, yang kondusif untuk meningkatkan efisiensi investasi.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan dalam studi ini, dapat disimpulkan bahwa:

- i. Produktivitas penulis di Republik Ceko dalam konteks penerapan Building Information Modeling (BIM) untuk manajemen biaya konstruksi masih rendah dan kurangnya kolaborasi antar penulis. Meskipun demikian, penerapan BIM dalam manajemen biaya konstruksi memiliki potensi besar untuk membantu menghemat biaya, mengendalikan biaya, dan mengoptimalkan skema konstruksi.
- ii. Sumber/tempat publikasi dengan jumlah kutipan terbanyak adalah *Automation in Construction* yaitu sebanyak 306 kutipan dan *total link strength* sebanyak 3680 dengan kata kunci yang paling sering muncul yaitu *architectural design*. Selain itu, dalam studi ini juga menyoroti tren publikasi terkait BIM dari tahun 2015 hingga 2024 dengan keterlibatan negara-negara dengan jumlah publikasi terbanyak yaitu China, Inggris, dan Australia.
- iii. Pemanfaatan teknologi BIM, proses konstruksi dapat dioptimalkan, kesalahan dapat dikurangi, dan perhitungan biaya dapat dilakukan secara visual. Penggunaan BIM 5D juga dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi manajemen biaya dari tahap investasi hingga konstruksi proyek secara keseluruhan. Dengan demikian, penerapan BIM dalam manajemen biaya konstruksi dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam pengendalian biaya proyek, pengurangan kesalahan, dan peningkatan efisiensi secara keseluruhan. Studi ini memberikan wawasan penting tentang potensi penerapan BIM dalam manajemen biaya konstruksi dan memberikan landasan untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. M. Farouk and R. A. Rahman, "Integrated applications of building information modeling in project cost management: a systematic review," *J. Eng. Des. Technol.*, 2023, doi: 10.1108/JEDT-10-2022-0538.
- D. Tang and K. Liu, "Exploring the Application of BIM Technology in the Whole Process of Construction Cost Management with Computational Intelligence," *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/4080879.
- F. Effendy, V. Gaffar, R. Hurriyati, and H. Hendrayati, "Analisis Bibliometrik Perkembangan Penelitian Penggunaan Pembayaran Seluler Dengan Vosviewer," *J. Interkom J. Publ. Ilm.*

- Bid. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 16, no. 1, pp. 10–17, 2021, doi: 10.35969/interkom.v16i1.83.
- J. Yang, “Application of BIM technology in construction cost management of building engineering,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2037, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2037/1/012046.
- K. Chen and G. Fang, “Analysis of the current status and comprehensive application research on BIM technology in construction cost management,” *E3S Web Conf.*, vol. 490, pp. 1–6, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202449002001.
- K. Chen and G. Fang, “Analysis of the current status and comprehensive application research on BIM technology in construction cost management,” *E3S Web Conf.*, vol. 490, pp. 1–6, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202449002001.
- L. Liao, “Research on the Application of BIM Technology in the Cost Management of Construction Projects,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 783, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/783/1/012098.
- M. R. Fadli, “Memahami desain metode penelitian kualitatif,” *Humanika*, vol. 21, no. 1, pp. 33–54, 2021, doi: 10.21831/hum.v21i1.38075.
- N. A. M. Putri, “Analisis Bibliometrik Penyelesaian Masalah Pembelajaran Dalam Fisika,” *UIN Raden Intan Lampung*, vol. 35, no. September 2019, p. 44, 2021, [Online]. Available: <http://repository.radenintan.ac.id/15117/>.
- N. A. Rakhmawati, M. Irfan, Y. Septiadi, and M. Alkautsar Rivandra, “Analisis Bibliometrik Publikasi tentang ChatGPT,” *J. Inf. Eng. Educ. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 92–97, 2023, doi: 10.26740/jieet.v7n2.p92-97.
- O. A. I. Hussain, R. C. Moehler, S. D. C. Walsh, and D. D. Ahiaga-Dagbui, “Minimizing Cost Overrun in Rail Projects through 5D-BIM: A Conceptual Governance Framework,” *Buildings*, vol. 14, no. 2, 2024, doi: 10.3390/buildings14020478.
- P. H. -, S. B. Utami, and N. Karlina, “Analisis Bibliometrik: Perkembangan Penelitian Dan Publikasi Mengenai Koordinasi Program Menggunakan Vosviewer,” *J. Pustaka Budaya*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.31849/pb.v9i1.8599.
- R. A. Sari, “Analisis Bibliometrik Terhadap,” vol. 3, no. 2, pp. 119–124, 2022.
- R. Abdulwahhab, S. Naimi, and R. Abdullah, “Managing Cost and Schedule Evaluation of a Construction Project via BIM Technology and Experts’ Points of View,” *Math. Model. Eng. Probl.*, vol. 9, no. 6, pp. 1515–1522, 2022, doi: 10.18280/MMEP.090611.
- R. Z. Hilmi, R. Hurriyati, and Lisnawati, “PEMODELAN 3D, 4D, 5D, 6D, DAN 7D SERTA SIMULASINYA DAN LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD),” vol. 3, no. 2, pp. 91–102, 2018.
- R. Z. Hilmi, R. Hurriyati, and Lisnawati, “PRINSIP DASAR SISTEM TEKNOLOGI BIM DAN IMPLEMENTASINYA DI INDONESIA,” vol. 3, no. 2, pp. 91–102, 2018.
- S. Ashworth, M. Dillinger, and K. Körkemeyer, “BIM guidance to optimise the operational phase: defining information requirements based on ISO 19650,” *Facilities*, vol. 41, no. 5–6, pp. 337–356, 2023, doi: 10.1108/F-08-2021-0074.
- S. M. E. Sepasgozar, A. M. Costin, R. Karimi, S. Shirowzhan, E. Abbasian, and J. Li, “BIM and Digital Tools for State-of-the-Art Construction Cost Management,” *Buildings*, vol. 12, no. 4, 2022, doi: 10.3390/buildings12040396.

- T. Anda, “Mengenal Konsep Penetapan Kata Kunci,” *J. Pustak. Indones.*, vol. 12, no. 2, pp. 53–55, 2013.
- Y. Chen, H. F. Gacheri, and G. Sun, “Empirical investigation of building information modelling (BIM) staff’s impact on construction project performance: evidence in Kenya,” *Front. Built Environ.*, vol. 10, no. August, pp. 1–23, 2024, doi: 10.3389/fbuil.2024.1441604.
- Y. Feiyan and Z. Jie, “Application and Practice of Computer BIM in Cost Management Control and Cost Coordination Management,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1744, no. 4, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1744/4/042079.
- Y. Hu, “Research on BIM-based fine management of engineering cost,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1648, no. 3, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1648/3/032170.
- Y. Yang, “Research on the application of BIM technology in commercial building construction management,” *Proc. Inst. Civ. Eng. Smart Infrastruct. Constr.*, pp. 1–11, 2023, doi: 10.1680/jsmic.23.00020.
- Z. Wang, C., Zhang, Y., Ding, H., “Applied Mathematics and Nonlinear Sciences,” *Appl. Math. Nonlinear Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 3383–3392, 2023.