



MK-9

PENGANGGARAN BIAYA PROYEK KONSTRUKSI MENGGUNAKAN BIM: TINJAUAN DENGAN PENDEKATAN BIBLIOMETRIK

Hannah Abbey Goretti¹ dan Peter F. Kaming^{1*}

^{1*}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari No. 44, Yogyakarta
e-mail: peterkaming82@gmail.com

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari No. 44, Yogyakarta
e-mail: 225119183@students.uajy.ac.id

ABSTRAK

Manajemen dan pengendalian biaya memiliki dampak yang besar dalam berbagai jenis proyek pembangunan. Penganggaran biaya teknik (*engineering cost budgeting*) sangat penting untuk mewujudkan industri teknik dan konstruksi yang sehat. Namun, ketika mempersiapkan estimasi anggaran untuk proyek, banyak terdapat “ketidakpastian” dan “perkiraan-perkiraan” yang terjadi. Untuk memecahkan masalah tersebut, BIM dapat digunakan sebagai salah satu solusinya. Makalah ini membahas tren dan tinjauan mengenai pemanfaatan BIM untuk anggaran biaya proyek konstruksi. Pemetaan data bibliometrik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak VOSViewer. Data bibliografi sebanyak 150 catatan ilmiah diperoleh melalui *database* Scopus dengan rentang waktu dari tahun 2008 hingga 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan publikasi tertinggi terjadi pada tahun 2019 yang mencapai 36 publikasi (18,67%). Negara dengan artikel publikasi terbanyak adalah Amerika Serikat, yaitu sebanyak 29 dokumen. Berdasarkan tinjauan dari artikel-artikel yang terkumpul, diketahui bahwa estimasi anggaran biaya dengan metode konvensional membutuhkan waktu yang lama dan berpotensi lebih besar menimbulkan terjadinya kesalahan. Penggunaan BIM dalam estimasi anggaran biaya, berpotensi mengurangi timbulnya pembengkakan biaya akibat perubahan ruang lingkup atau pekerjaan ulang. Selain itu, pemanfaatan BIM dapat mengurangi terjadinya kesalahan pada anggaran biaya yang dihasilkan, hal ini dibuktikan melalui verifikasi kasus yang menemukan bahwa dengan penggunaan BIM deviasi anggaran berkurang sekitar 78% dibandingkan dengan metode konvensional.

Kata kunci: anggaran biaya proyek, manajemen biaya, BIM, analisis bibliometrik

PENDAHULUAN

Manajemen dan pengendalian biaya memiliki dampak yang besar dalam berbagai jenis proyek pembangunan. Setelah beberapa dekade, metode manajemen biaya telah mengalami banyak perkembangan. Namun, tingkat perkembangan manajemen biaya dalam industri teknik masih memiliki kesenjangan dengan tingkat perkembangan ekonomi dan sosial yang ada. Salah satu alasannya adalah tingkat informasi yang kurang memadai. Di sisi lain, jika prinsip pengendalian biaya diterapkan secara keseluruhan, mulai dari proses estimasi, penentuan anggaran, hingga *final account*, maka pengendalian biaya yang efektif dan ideal dapat terwujud sehingga berpotensi untuk meminimalkan risiko dan biaya dalam proyek.

Penganggaran biaya teknik (*engineering cost budgeting*) sangat penting untuk mewujudkan industri teknik dan konstruksi yang sehat. Ketika mempersiapkan estimasi anggaran untuk proyek, sulit untuk menentukan jumlah yang akurat dalam memperkirakan pasokan, permintaan tenaga kerja dan material. Kesulitan ini seringkali dihadapi, terutama saat estimator harus menghitung biaya konstruksi untuk beberapa bulan atau bahkan beberapa tahun ke depan, akan timbul unsur “ketidakpastian” dan “perkiraan” dalam estimasi anggaran yang dihasilkan (Sing et al., 2012a, 2012b). Selain itu, masalah seperti terjadinya *overrun* pada anggaran dan *final account*, konsumsi material yang terlampaui besar dan masalah-masalah lainnya, sangat berpengaruh terhadap keakuratan suatu anggaran biaya (Fan dan Guo, 2022). Terdapat beberapa metode pengendalian biaya secara tradisional yang dapat diterapkan pada proyek, seperti menerapkan prinsip nilai yang diperoleh (*earned value*), membandingkan biaya dan waktu pelaksanaan aktual dengan yang direncanakan, dan lain-lain (Chatterjee et al., 2020). Akan tetapi, metode-metode tersebut tidak dapat secara efektif mengontrol proses anggaran konstruksi aktual dalam proyek yang sebenarnya.

Proses pengendalian dan manajemen biaya proyek konstruksi, di samping kesulitan dan masalah yang diuraikan di atas, dapat ditingkatkan agar menjadi lebih efektif dan akurat dengan membuat analisis ekonomi teknik serta menyusun rencana yang efektif dalam menerapkan beberapa metode, penggunaan alat dan perangkat lunak, dan lain sebagainya (Fan dan Guo, 2022). *Building Information Modeling* (BIM), yang merupakan salah satu teknologi yang sedang berkembang di industri teknik, menyediakan *platform* terintegrasi untuk berbagai informasi konstruksi dan memiliki banyak keunggulan dalam berbagai aplikasi praktis. BIM juga dapat mengakomodasi banyak fungsi yang diperlukan untuk memodelkan siklus hidup suatu bangunan, menyediakan dasar untuk desain dan konstruksi baru, serta mengakomodasi perubahan peran dan hubungan di antara tim proyek. Jika diadopsi dengan baik, BIM dapat memfasilitasi proses desain dan konstruksi yang lebih terintegrasi, sehingga menghasilkan bangunan dengan kualitas yang lebih baik, dengan biaya yang lebih rendah dan durasi proyek yang lebih singkat (Eastman et al., 2011).

Terdapat beberapa penelitian terdahulu terkait dengan pemanfaatan BIM untuk anggaran biaya proyek konstruksi. Dadpour et al. (2019) menemukan bahwa keakuratan penganggaran biaya menggunakan BIM bergantung pada keakuratan penilaian tingkat biaya proyek. Evaluasi tingkat biaya proyek dipengaruhi oleh faktor subjektif, dan persyaratan pengendalian biaya untuk setiap aspek proyek dalam BIM berbeda-beda dan tidak berlaku untuk anggaran proyek yang lebih kompleks. Ainurrofiq (2022) melakukan penelitian mengenai perbandingan penyusunan rencana anggaran biaya (RAB) dengan metode konvensional dan menggunakan BIM. Hasilnya menunjukkan bahwa hasil perhitungan volume dengan metode konvensional lebih besar dibandingkan dengan menggunakan BIM, dan terdapat beberapa perbedaan persentase pada material yang digunakan.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam makalah ini akan dibahas mengenai masalah terkait anggaran biaya proyek konstruksi dan bagaimana memanfaatkan BIM untuk mengatasi masalah tersebut, serta akan membahas mengenai tren publikasi terkait dengan penganggaran biaya proyek menggunakan BIM.

Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam makalah ini, antara lain:

- a). Bagaimana tren publikasi di bidang BIM untuk anggaran biaya proyek konstruksi?
- b). Apa saja masalah yang terkait dengan anggaran biaya proyek konstruksi?
- c). Bagaimana BIM dapat membantu mengatasi masalah yang terkait dengan anggaran biaya proyek konstruksi?

Tujuan

Tujuan dari penulisan makalah ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- a). Mengetahui tren publikasi di bidang BIM untuk anggaran biaya proyek konstruksi.
- b). Mengetahui masalah yang ada, terkait dengan anggaran biaya proyek konstruksi.
- c). Memperoleh pemahaman mengenai pemanfaatan BIM dalam membantu mengatasi masalah-masalah yang terkait dengan anggaran biaya proyek konstruksi.

METODE

Studi ini bertujuan untuk mengetahui tren publikasi di bidang BIM untuk anggaran biaya proyek konstruksi dengan melakukan analisis bibliometrik, yang kemudian dilanjutkan dengan tinjauan literatur mengenai manfaat BIM untuk anggaran biaya proyek konstruksi. Penyusunan makalah ini menggunakan metode campuran yang merupakan kombinasi dari metode kuantitatif dan kualitatif dalam menganalisis artikel-artikel yang terkait dengan BIM dan anggaran biaya proyek konstruksi. Metode campuran ini terdiri atas analisis bibliometrik dan tinjauan konten untuk menganalisis tren literatur selama beberapa tahun dan memberikan tinjauan mengenai pemanfaatan BIM untuk anggaran biaya proyek konstruksi. Proses penyusunan makalah ini terdiri atas tiga tahap, yaitu pertama, pengumpulan data berupa artikel dan publikasi yang terkait dengan aplikasi BIM dalam anggaran biaya proyek konstruksi. Lalu, pada tahap kedua, dilakukan analisis bibliometrik yang kemudian diikuti dengan tinjauan mengenai hasil yang diperoleh (tahap ketiga). Tahapan-tahapan tersebut yakni sebagai berikut:



Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan menggunakan *database* Scopus, karena *database* ini merupakan salah satu *database* terbesar yang menyediakan literatur dan publikasi *peer-review* (Herawati et al., 2022). Pencarian dilakukan menggunakan kata kunci “*Building Information Modeling*” atau “BIM” atau “*Building Information Modelling*” dan “*Cost*” atau “*Cost budget*” atau “*Budget control*”. Studi ini meneliti publikasi yang diterbitkan pada tahun 2008 hingga 2023 (berakhir pada tanggal 22 April). Pada studi ini, jenis dokumen yang dipilih berupa artikel, makalah konferensi dan *reviews*, agar dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai penelitian yang ada (Hosamo et al., 2022). Jenis dokumen yang dipilih terbatas pada dokumen yang menggunakan Bahasa Inggris karena VOSviewer hanya dapat memproses dokumen yang berbahasa Inggris (Van Eck dan Waltman, 2011). Akhirnya, diperoleh 150 publikasi penelitian, yang selanjutnya akan digunakan dalam analisis pada tahapan berikutnya.

Analisis bibliometrik

Analisis bibliometrik merupakan sebuah metode kuantitatif untuk mengeksplorasi dan menganalisis sejumlah data bibliografi pada artikel-artikel ilmiah. Analisis bibliometrik bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sejumlah literatur dengan topik tertentu. Melalui analisis ini, dapat dilihat gambaran dari kinerja dan pola dari penelitian yang telah dilakukan oleh berbagai penulis pada sejumlah jurnal, negara dan lembaga, serta dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengamati hubungan di antara penelitian-penelitian tersebut (Effendi, 2021). Dalam studi ini, *software* VOSviewer digunakan untuk melakukan analisis bibliometrik. VOSviewer adalah aplikasi visualisasi yang membantu analisis jaringan berskala besar dengan menggunakan metode pemrosesan bahasa alami dan teknik penggalan teks (Hosamo et al., 2022). VOSviewer berguna untuk membantu menampilkan peta bibliometrik berskala besar dengan cara yang mudah ditafsirkan (Van Eck dan Waltman, 2010). Beberapa teknik bibliometrik yang dicakup oleh *software* ini, antara lain analisis kepengarangan bersama (*co-authorship*), kemunculan bersama (*co-occurrence*), kutipan (*citations*), penggabungan bibliografi, dan kutipan bersama (*co-citations*).

Tujuan utama dalam studi ini adalah untuk melihat kaitan antara BIM dan anggaran biaya proyek konstruksi, dengan melakukan pemetaan bibliometrik dan meninjau secara menyeluruh artikel-artikel yang terkait. Data yang diperoleh melalui *database* Scopus dalam bentuk file CSV diimpor ke *software* VOSviewer untuk menciptakan jaringan publikasi berdasarkan kutipan langsung. VOSviewer membuat peta jaringan berbasis jarak, di mana jarak antar node menunjukkan tingkat kedekatan node. Warna jaringan menunjukkan konsentrasi kutipan, dengan warna merah menandai konsentrasi tertinggi kutipan (Van Eck dan Waltman, 2010). Analisis bibliometrik dilakukan berdasarkan peta jaringan yang terbentuk.

Tinjauan literatur

Analisis kualitatif dilakukan untuk memperoleh pandangan menyeluruh mengenai aplikasi BIM dalam penganggaran biaya proyek konstruksi. Tujuan dari analisis kualitatif ini yaitu bukan untuk menghasilkan teori baru, melainkan untuk mengidentifikasi hasil dari berbagai penelitian dan kesenjangan yang ada (Oraee et al., 2017). Tinjauan terhadap sejumlah artikel publikasi terkait dilakukan untuk mengetahui secara umum bagaimana pemanfaatan BIM dalam anggaran biaya proyek konstruksi, serta mengidentifikasi masalah-masalah yang ditemui, serta peluang untuk penelitian selanjutnya.

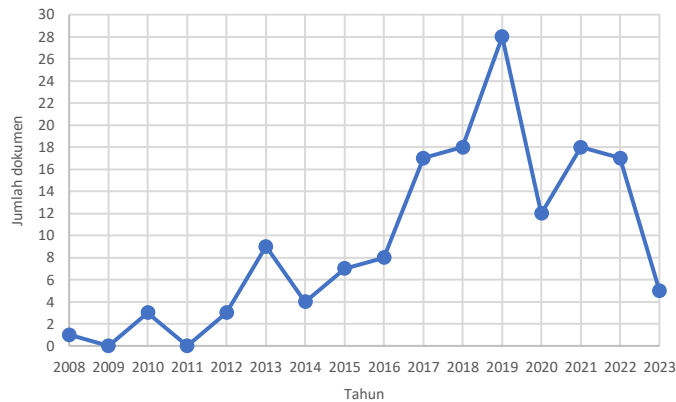
HASIL

Hasil dari analisis data disajikan pada bagian ini. Untuk analisis bibliometrik, karakteristik publikasi disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, termasuk tren tahunan, penulis, negara atau wilayah asal penulis, sumber, dan kata kunci (Okoro, 2023). Selanjutnya dilakukan tinjauan literatur menggunakan dokumen-dokumen yang paling sering dikutip bersama.

Perkembangan publikasi tahunan

Studi ini meneliti publikasi mengenai topik BIM dan anggaran biaya proyek konstruksi, yang diterbitkan pada tahun 2008 hingga 2023 (berakhir pada tanggal 22 April). Sepanjang interval tahun tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, terjadi peningkatan publikasi yang signifikan pada tahun 2016 hingga tahun 2017, dari yang sebelumnya hanya terdapat 8 artikel publikasi meningkat menjadi 17 artikel

publikasi. Pertumbuhan publikasi, mengenai topik BIM dan anggaran biaya yang terindeks Scopus, tertinggi terjadi pada tahun 2019 yang mencapai 36 publikasi (18,67%). Pertumbuhan publikasi tahunan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.



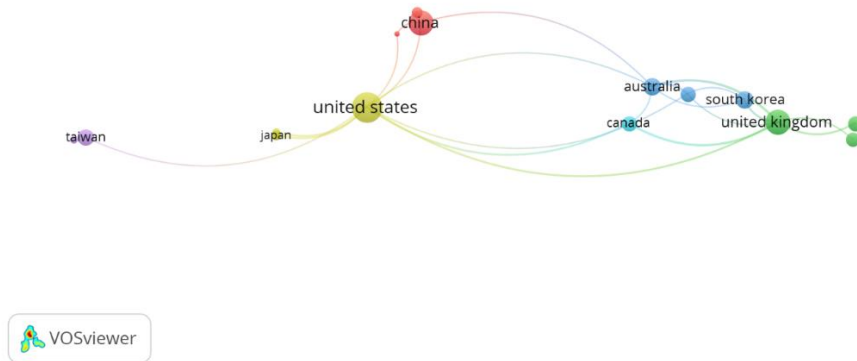
Gambar 1. Tren publikasi dokumen (Tahun 2008 – 2023)

Tabel 1. Perkembangan publikasi per tahun

Tahun	Jumlah dokumen	Persentase
2008	1	0.67%
2009	0	0.00%
2010	3	2.00%
2011	0	0.00%
2012	3	2.00%
2013	9	6.00%
2014	4	2.67%
2015	7	4.67%
2016	8	5.33%
2017	17	11.33%
2018	18	12.00%
2019	28	18.67%
2020	12	8.00%
2021	18	12.00%
2022	17	11.33%

Keterlibatan negara/wilayah dalam penelitian

Jaringan dari negara/wilayah menunjukkan kaitan antara negara/wilayah yang berkontribusi dalam artikel yang terkait dengan BIM dan anggaran biaya proyek konstruksi. Dengan memberikan batasan jumlah dokumen minimum dari tiap negara sebanyak 1 dan jumlah kutipan minimum untuk tiap negara sebanyak 2, terbentuk jaringan dari negara/wilayah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan batasan jumlah minimum dokumen dan kutipan dari tiap negara, dari keseluruhan 43 negara/wilayah, terdapat 28 negara/wilayah yang memenuhi dan dari jumlah negara/wilayah tersebut hanya 15 negara/wilayah di antaranya yang memiliki kaitan antara satu dengan lainnya.



Gambar 2. Jaringan dari negara/wilayah (15 negara/wilayah)

Ukuran dari lingkaran/node masing-masing negara/wilayah menunjukkan banyaknya dokumen dari negara/wilayah tersebut, semakin besar ukuran lingkarannya menunjukkan bahwa semakin banyak dokumen dari negara/wilayah tersebut dan sebaliknya. Berdasarkan jaringan yang terbentuk (Gambar 2), dapat dilihat bahwa tiga negara dengan jumlah dokumen terbanyak yaitu Amerika Serikat (29 dokumen), China (20 dokumen), dan Inggris (19 dokumen).

Selain itu, kutipan antar negara/wilayah juga dianalisis menggunakan penggabungan bibliografi (*bibliographic coupling*). Dengan batasan jumlah minimum dokumen dari tiap negara sebanyak 1, kekuatan total hubungan bibliografi dari satu negara dengan negara lainnya dihitung. Penggabungan bibliografi (*bibliographic coupling*) terjadi ketika dua penelitian mengutip dokumen ketiga yang sama (Mas-Tur et al., 2021). Hasil analisis dari jaringan negara/wilayah disajikan dalam Tabel 2, hasilnya menunjukkan bahwa Inggris memiliki hubungan terkuat, lalu diikuti oleh Amerika Serikat dan Australia.

Tabel 2. Analisis jaringan negara/wilayah

Negara/wilayah	Jumlah dokumen	Jumlah Kutipan	TLS (<i>Co-Authorship</i>)	TLS (<i>Bibliographic Coupling</i>)
Inggris	19	575	14	1027
Amerika Serikat	29	661	13	719
Australia	10	204	10	771
Kanada	7	573	6	608
Hong Kong	7	161	6	390
China	20	122	4	141
Korea Selatan	10	114	4	200
Jepang	3	18	4	81
Thailand	2	18	4	81
Taiwan	8	20	2	163

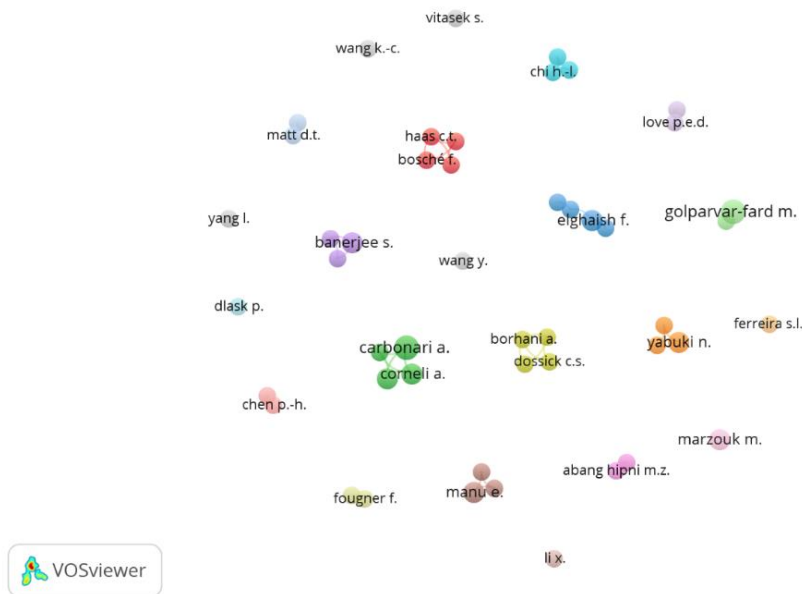
Keterangan: TLS – *Total Link Strength*

Produktivitas penulis

Produktivitas penulis dapat dilihat berdasarkan banyaknya dokumen yang mereka hasilkan. Jaringan ke penulisan bersama (*co-authorship network*) menunjukkan kolaborasi antara para penulis. Berdasarkan jaringan ke penulisan bersama yang terbentuk (Gambar 3), dapat dilihat bahwa banyak di antara penulis-penulis yang ada berdiri sendiri dan tidak banyak kaitan antara penulis yang satu dengan lainnya. Dari total 401 penulis, dengan batasan jumlah minimum dokumen dari tiap penulis sebanyak 2, terdapat 48 penulis yang memenuhi syarat. Terdapat 22 *clusters* dan 39 *links* dalam jaringan ke penulisan bersama yang terbentuk.

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17



Gambar 3. Jaringan ke penulisan bersama (co-authorship network)

Dari 401 penulis, 10 penulis teratas dengan setidaknya dua dokumen dan 10 kutipan diidentifikasi, dan disajikan dalam Tabel 3. Penulis yang menempati posisi tiga teratas berdasarkan banyaknya dokumen yang mereka publikasikan, yaitu Golparvar-fard M., Carbonari A., dan Marzouk M. Kolaborasi yang kuat juga terjadi di antara beberapa penulis, yang ditunjukkan oleh *total link strength* (TLS) yang berkisar antara 4 sampai dengan 8. Untuk analisis kutipan bersama penulis (*co-citation analysis of authors*), 20 penulis memenuhi batasan jumlah minimum 20 kutipan. Tiga penulis dengan jumlah kutipan bersama terbanyak adalah Sacks, R. (81 kutipan), Golparvar-fard, M. (53 kutipan), dan Love, P.E.D. (41 kutipan). Kutipan bersama (*co-citation*) terjadi ketika dua dokumen menerima kutipan dari dokumen ketiga yang sama (Mas-Tur et al., 2021).

Tabel 3. Analisis jaringan negara/wilayah

<i>Co-Authorship</i>			<i>Co-Citation</i>			
Penulis	Jumlah dokumen	Jumlah Kutipan	TLS	Penulis	Jumlah Kutipan	TLS
Golparvar-fard M.	4	111	1	Sacks, R.	81	1007
Carbonari A.	4	18	8	Golparvar-fard, M.	53	937
Marzouk M.	3	71	0	Love, P.E.D.	41	143
Elghaish F.	3	52	3	Eastman, C.	40	219
Banerjee S.	3	48	4	Wang, X.	35	230
Manu E.	3	27	4	Teicholz, P.	35	215
Yabuki N.	3	18	4	Ballard, G.	33	419
Corneli A.	3	17	8	Wang, Y.	32	110
Villa V.	3	17	8	Koskela, L.	31	354
Bosche F.	2	379	6	Bosche, F.	30	807

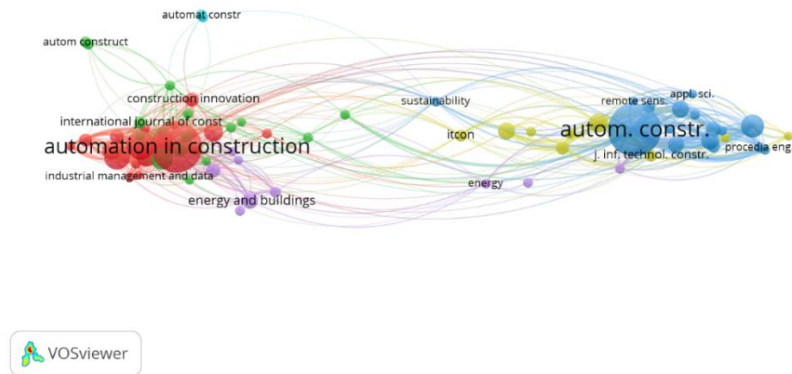
Keterangan: TLS – *Total Link Strength*

Sumber/tempat publikasi

Analisis kutipan bersama dari sumber (*co-citation analysis of source*) bertujuan untuk mengidentifikasi sumber-sumber, dalam hal ini yaitu jurnal-jurnal, yang menjadi penerbit/tempat publikasi dari dokumen-



dokumen yang terkumpul. Dengan jumlah minimum dari kutipan pada sebuah sumber dibatasi sebesar 5 kutipan, dari 2285 sumber, terdapat 74 sumber di antaranya yang memenuhi syarat, jaringan yang terbentuk ditunjukkan pada Gambar 4. Ada pun, sepuluh sumber/jurnal yang menempati posisi teratas sebagai tempat publikasi dari semua dokumen dirangkum dalam Tabel 4.



Gambar 4. Jaringan kutipan bersama sumber (*source co-citation network*)

Tabel 4. 10 tempat publikasi teratas

Peringkat	Tempat publikasi/jurnal	Jumlah kutipan
1	Automation in construction	158
2	Journal of construction engineering and management	51
3	International journal of project management	40
4	Engineering, construction and architectural management	31
5	Journal of management in engineering	26
6	Journal of computing in civil engineering	23
7	Construction management and economics	22
8	Procedia engineering	22
9	Advanced engineering informatics	18
10	Energy and buildings	16

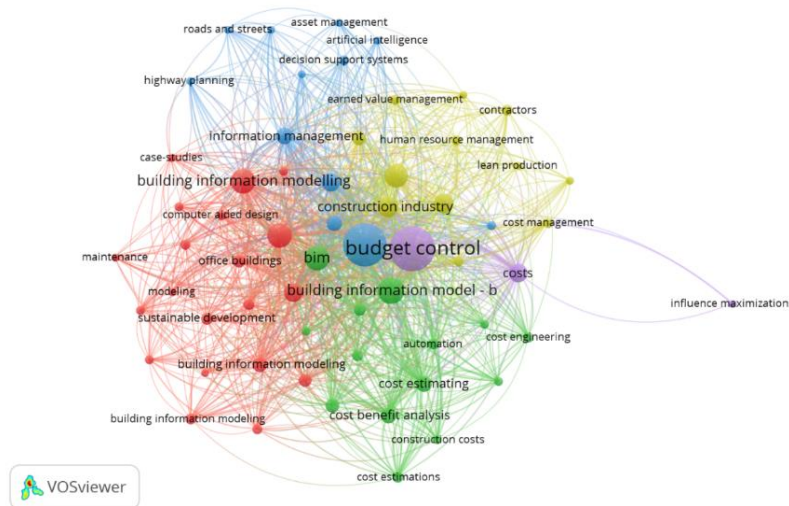
Analisis kata kunci

Kata kunci merupakan salah satu komponen penting dalam suatu artikel penelitian, karena dapat secara efektif mencerminkan ide inti dari penelitian (Chen et al., 2016). *Software* VOSviewer dapat digunakan untuk mengidentifikasi kata kunci yang paling sering muncul, yang mewakili topik yang sedang ditinjau, seperti yang disarankan oleh para penulis, untuk mewakili penelitian mereka dengan baik (Leong et al., 2021). Selain itu, dalam analisis bibliometrik, jaringan kemunculan bersama kata kunci juga mencerminkan topik-topik yang sedang hangat (Fan et al., 2020). Dalam visualisasi data menggunakan VOSviewer, terdapat tiga opsi pilihan kata kunci yang ingin ditampilkan yaitu, kata kunci penulis (*author keywords*), kata kunci indeks (*index keywords*), dan semua kata kunci (*all keywords*). Dalam studi ini, kata kunci penulis dianalisis untuk menghasilkan jaringan kata kunci yang muncul bersama (*keywords co-occurrence network*).

Jaringan kemunculan bersama kata kunci yang terbentuk ditunjukkan pada Gambar 5. Bobot dari sebuah kata kunci dinyatakan melalui ukuran lingkaran dan ukuran labelnya. Jarak antara dua kata menunjukkan seberapa dekat keterkaitan antara kata kunci yang satu dengan kata kunci lainnya. Semakin dekat letak sebuah kata kunci dengan kata kunci lain, semakin dekat korelasi antara kedua kata kunci tersebut, sebaliknya semakin jauh jaraknya, semakin jauh pula korelasi antara kedua kata kunci tersebut (Van Eck dan Waltman, 2010). Selain itu, warna dari lingkaran-lingkaran dalam jaringan mewakili kelompok kata kunci yang terkait (*clustering*) (Hosamo et al., 2022).

KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17



Gambar 5. Jaringan kemunculan bersama semua kata kunci

Berdasarkan jaringan yang terbentuk, dapat dilihat bahwa kata kunci “*budget control*” memiliki frekuensi kemunculan terbanyak (146 kemunculan). Kata kunci ini memiliki keterkaitan dengan beberapa kata kunci lainnya, di antaranya yaitu *building information modeling*, *construction cost*, dan *cost effectiveness*, yang merupakan topik utama dalam makalah ini. Jaringan kemunculan bersama kata kunci yang terbentuk terdiri atas 5 *clusters* dan 61 *items*, dengan batas minimum kemunculan sebuah kata kunci yaitu sebanyak 5.

Selain jaringan kemunculan bersama kata kunci, *software* VOSviewer juga menyediakan *overlay visualization* yang menunjukkan distribusi kata kunci berdasarkan tahun (Wang dan He, 2022). Pada *overlay visualization*, peta jaringan dibagi menurut periode waktu tertentu dan diberi label dengan warna. Kata kunci dengan warna ungu yang lebih tua menunjukkan bahwa kata kunci tersebut muncul lebih awal (Wang et al., 2022), sedangkan kata kunci dengan warna kuning yang lebih terang menunjukkan bahwa kata kunci tersebut muncul belakangan (Wang dan He, 2022). Hasil *overlay visualization* dari semua kata kunci ditunjukkan pada Gambar 6.

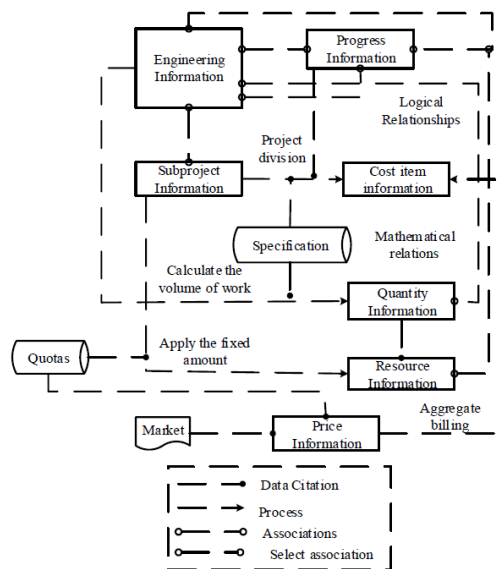
Berdasarkan peta jaringan dari *overlay visualization* yang terbentuk, dapat dilihat bahwa kata kunci yang terkait dengan anggaran biaya proyek konstruksi banyak diteliti pada rentang waktu antara tahun 2018 hingga 2019, yang ditunjukkan dengan warna lingkaran untuk kata kunci tersebut yang berwarna biru kehijauan, sedangkan kata kunci yang terkait dengan teknologi informasi, seperti *building information modeling* (BIM) dan teknologi BIM, mulai muncul pada sekitar tahun 2020, yang ditunjukkan dengan warna kuning pada lingkaran untuk kata kunci tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian terkait dengan pemanfaatan BIM untuk anggaran biaya proyek konstruksi memiliki peluang untuk dikembangkan di masa yang akan datang dan masih menjadi tren penelitian akhir-akhir ini. Masalah terkait dengan anggaran biaya proyek konstruksi dan bagaimana BIM dapat membantu mengatasi masalah tersebut akan dibahas pada bab berikutnya.

tidak tersedia saat proyek dilelang, dan dokumentasi yang tersedia sering kali terdapat kesalahan, sehingga berpotensi mengakibatkan perubahan ruang lingkup dan pekerjaan ulang selama pelaksanaan konstruksi (Love, et al., 2012a). Perkiraan anggaran awal harus mampu mengakomodasi perubahan ruang lingkup proyek. Pada tahap ini, estimator berpotensi mengalami bias optimisme. Pada praktiknya, masalah yang seringkali timbul antara lain, estimasi anggaran, anggaran, dan *final account* mengalami *overrun*, hanya terdapat pemasok tunggal, konsumsi material yang lebih besar dibandingkan konsumsi tetap dan lain-lain, yang sangat mempengaruhi keakuratan anggaran biaya (Fan dan Guo, 2022).

BIM untuk penganggaran biaya proyek konstruksi

Saat ini, teknologi BIM, teknologi *data mining*, dan teknologi *big data* banyak digunakan untuk menyusun anggaran biaya proyek. Fungsi utama dari BIM adalah menyediakan basis informasi konstruksi yang lengkap dan konsisten, dan membuat model tiga dimensi virtual proyek konstruksi dengan menggunakan teknologi digital. Basis informasi ini tidak hanya berisi informasi geometris, dan informasi status komponen bangunan, tetapi juga berisi informasi status objek non-komponen (seperti ruang, dan perilaku gerak). Adanya model 3D yang tersedia dalam BIM menghasilkan tingkat integrasi informasi yang lebih baik, untuk berbagai komponen konstruksi.

Penyusunan anggaran biaya proyek konstruksi memerlukan tujuh bidang informasi, seperti yang ditunjukkan dalam kerangka kerja analisis kebutuhan anggaran biaya dengan BIM pada Gambar 7. Tujuh bidang informasi tersebut meliputi informasi proyek, informasi progres, informasi subproyek, informasi item biaya, informasi kuantitas, informasi sumber daya, dan informasi harga. Informasi yang dibutuhkan secara langsung untuk estimasi biaya meliputi informasi kuantitas, informasi sumber daya, dan informasi harga (Fan dan Guo, 2022). Informasi kuantitas berdasarkan pada informasi proyek konstruksi dan informasi subproyek, lalu dihitung sesuai dengan spesifikasi. Informasi sumber daya terkait dengan jumlah material yang digunakan, tenaga kerja dan alat/mesin yang diperlukan untuk pelaksanaan proyek konstruksi. Informasi harga berdasarkan harga pasar dan data mengenai harga-harga pada periode waktu tertentu. Informasi progres sangat berkaitan dengan anggaran konstruksi, dan pembagian item biaya dibuat berdasarkan kemajuan proyek.



Gambar 7. Kerangka kerja analisis kebutuhan anggaran biaya dengan BIM (Fan dan Guo, 2022)

BIM dapat digunakan mulai dari tahap awal konstruksi, mulai dari visualisasi desain, perhitungan biaya siklus hidup dan penjadwalan proyek (Love et al., 2015). Penggunaan BIM dapat mengurangi perubahan ruang lingkup proyek secara signifikan, sehingga meningkatkan terjadinya kepastian biaya (*cost certainty*) (Hartmann et al., 2012). Menurut Peplow (2016, dalam Love et al., 2017), penggunaan BIM berpotensi menghemat waktu dan biaya, karena mengurangi timbulnya biaya tambahan akibat perubahan ruang



lingkup atau pekerjaan ulang. Kemampuan BIM dalam melakukan *clash detection*, dan integrasinya dengan berbagai perangkat teknologi, seperti pemindaian laser, sensor untuk memantau progres pekerjaan, mampu berkontribusi dalam mitigasi perubahan ruang lingkup dan timbulnya pekerjaan ulang. Selanjutnya, juga berfungsi dalam pemeliharaan dan pengoperasian aset (O&M). Oleh karena itu, pemanfaatan BIM pada proyek-proyek konstruksi, berpotensi mengurangi terjadinya pembengkakan biaya. Berdasarkan tinjauan terhadap beberapa penelitian terdahulu, penggunaan BIM dalam penganggaran biaya proyek menunjukkan bahwa pemanfaatan BIM dapat mengurangi terjadinya kesalahan pada anggaran biaya yang dihasilkan. Menurut verifikasi kasus, yang dilakukan oleh Fan dan Guo (2022), menunjukkan bahwa penyusunan anggaran biaya dengan BIM layak untuk diterapkan karena deviasi anggaran berkurang sekitar 78% dibandingkan dengan metode konvensional.

KESIMPULAN

Manajemen dan pengendalian biaya memiliki pengaruh yang besar terhadap perkembangan dan keberhasilan suatu proyek konstruksi. Sebanyak 150 artikel diperoleh dari *database* Scopus mulai dari tahun 2008 hingga 2023. Hasil analisis bibliometrik menunjukkan bahwa publikasi terkait dengan topik BIM dan anggaran biaya proyek konstruksi mengalami peningkatan yang signifikan pada tahun 2016 hingga tahun 2017, dengan pertumbuhan publikasi tertinggi terjadi pada tahun 2019, yang mencapai 36 publikasi (18,67%). Hasil penelusuran terhadap negara/wilayah yang berkontribusi dalam artikel terkait dengan BIM dan anggaran biaya proyek konstruksi menunjukkan bahwa negara yang paling banyak menerbitkan artikel adalah Amerika Serikat, yang menerbitkan 29 dokumen, dan diikuti oleh China dan Inggris. Penulis yang menempati posisi tiga teratas berdasarkan banyaknya dokumen yang mereka publikasikan yaitu Golparvar-fard M., Carbonari A., dan Marzouk M. Kolaborasi yang kuat juga terjadi di antara beberapa penulis, yang ditunjukkan oleh *total link strength* (TLS) yang berkisar antara 4 sampai dengan 8. Berdasarkan hasil analisis kata kunci, dapat dilihat bahwa kata kunci yang terkait dengan anggaran biaya proyek konstruksi banyak diteliti pada rentang waktu antara tahun 2018 hingga 2019, sedangkan kata kunci yang terkait dengan teknologi informasi, seperti BIM, mulai muncul pada sekitar tahun 2020. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian terkait dengan pemanfaatan BIM untuk anggaran biaya proyek konstruksi memiliki peluang untuk dikembangkan di masa yang akan datang dan masih menjadi tren penelitian akhir-akhir ini.

Berdasarkan tinjauan dari beberapa penelitian terdahulu, diketahui bahwa estimasi anggaran biaya dengan metode konvensional membutuhkan waktu yang lama karena membutuhkan banyak *software* dalam pengerjaannya, sehingga memiliki potensi lebih besar akan terjadinya kesalahan. Terdapat beberapa masalah terkait dengan penganggaran biaya proyek dengan metode konvensional, seperti gambar yang kurang lengkap dan BoQ yang tidak tersedia saat proyek dilelang, sehingga menyebabkan hasil anggaran biaya tersebut kurang akurat. Hasil anggaran biaya proyek dengan metode konvensional juga dinilai kurang mampu untuk mengatasi masalah yang timbul dalam proses pelaksanaan proyek, misalnya apabila terjadi perubahan ruang lingkup dan pekerjaan ulang, hal ini dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara anggaran yang direncanakan dan yang dikeluarkan, dan dapat menyebabkan adanya *overrun* biaya.

Penggunaan BIM dalam estimasi anggaran biaya, berpotensi menghemat waktu dan biaya, karena mengurangi timbulnya biaya tambahan akibat perubahan ruang lingkup atau pekerjaan ulang, sehingga mengurangi potensi timbulnya pembengkakan biaya. Selain itu, pemanfaatan BIM dapat mengurangi terjadinya kesalahan pada anggaran biaya yang dihasilkan, hal ini dibuktikan melalui verifikasi kasus yang menemukan bahwa dengan penggunaan BIM deviasi anggaran berkurang sekitar 78% dibandingkan dengan metode konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainurrofiq, A. (2022). Comparisional Analysis of RAB (Cost Budget Plan) Metode Konvensional with Metode BIM (Building Information Modelling) (Studi Kasus Gedung Kuliah Tiga Lantai di Yogyakarta). *International Conference On Sustainable Engineering And Technology*, 124–133.

- Chatterjee, S., Chaudhuri, B., dan Bhar, C. (2020). Optimal Release Time Determination in Intuitionistic Fuzzy Environment Involving Randomized Cost Budget for SDE-Based Software Reliability Growth Model. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(4), 2721–2741. <https://doi.org/10.1007/s13369-019-04128-7>
- Chen, X., Chen, J., Wu, D., Xie, Y., dan Li, J. (2016). Mapping the Research Trends by Co-word Analysis Based on Keywords from Funded Project. *Procedia Computer Science*, 91(Itqm), 547–555. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.140>
- Dadpour, M., Shakeri, E., dan Nazari, A. (2019). Analysis of Stakeholder Concerns at Different Times of Construction Projects Using Social Network Analysis (SNA). *International Journal of Civil Engineering*, 17(11), 1715–1727. <https://doi.org/10.1007/s40999-019-00450-1>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., dan Liston, K. (2011). BIM Handbook, a Guide to Building Information Modelling 2nd ed. In *John Wiley & Sons, Inc, Hoboken*.
- Effendi, D. N. (2021). Analisis Bibliometrik Literasi Sains Menggunakan Vosviewer Pada Pendidikan Sains. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.
- Fan, G., dan Guo, C. (2022). BIM Engineering Cost Budgeting Method based on Social Network Analysis Method. *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, 16, 151–158. <https://doi.org/10.46300/9106.2022.16.19>
- Fan, J., Gao, Y., Zhao, N., Dai, R., Zhang, H., Feng, X., Shi, G., Tian, J., Chen, C., Hambly, B. D., dan Bao, S. (2020). Bibliometric Analysis on COVID-19: A Comparison of Research Between English and Chinese Studies. *Frontiers in Public Health*, 8(August), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00477>
- Hartmann, T., Van Meerveld, H., Vossebeld, N., dan Adriaanse, A. (2012). Aligning building information model tools and construction management methods. *Automation in Construction*, 22, 605–613. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.12.011>
- Herawati, P., Utami, S. B., dan Karlina, N. (2022). Analisis Bibliometrik: Perkembangan Penelitian Dan Publikasi Mengenai Koordinasi Program Menggunakan Vosviewer. *Jurnal Pustaka Budaya*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.31849/pb.v9i1.8599>
- Hosamo, H. H., Nielsen, H. K., Alnmr, A. N., Svennevig, P. R., dan Svidt, K. (2022). A review of the Digital Twin technology for fault detection in buildings. *Frontiers in Built Environment*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.1013196>
- Leong, Y. R., Tajudeen, F. P., dan Yeong, W. C. (2021). Bibliometric and content analysis of the internet of things research: a social science perspective. *Online Information Review*, 45(6), 1148–1166. <https://doi.org/10.1108/OIR-08-2020-0358>
- Love, P. E. D., Edwards, D. J., dan Irani, Z. (2012a). Moving beyond optimism bias and strategic misrepresentation: An explanation for social infrastructure project cost overruns. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 59(4), 560–571. <https://doi.org/10.1109/TEM.2011.2163628>
- Love, P. E. D., Edwards, D. J., Irani, Z., dan Sharif, A. (2012b). Participatory Action Research Approach to Public Sector Procurement Selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(3), 311–322. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000440](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000440)
- Love, P. E. D., Liu, J., Matthews, J., Sing, C. P., dan Smith, J. (2015). Future proofing PPPs: Life-cycle performance measurement and Building Information Modelling. *Automation in Construction*, 56, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.008>
- Love, P. E. D., Zhou, J., Edwards, D. J., Irani, Z., dan Sing, C.-P. (2017). Off the rails: The cost performance of infrastructure rail projects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 99, 14–29. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.02.008>
- Mas-Tur, A., Roig-Tierno, N., Sarin, S., Haon, C., Segó, T., Belkhouja, M., Porter, A., dan Merigó, J. M. (2021). Co-citation, bibliographic coupling and leading authors, institutions and countries in the 50 years of Technological Forecasting and Social Change. *Technological Forecasting and Social Change*, 165(July 2019). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120487>
- Okoro, C. S. (2023). Sustainable Facilities Management in the Built Environment: A Mixed-Method Review. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15043174>



- Orace, M., Hosseini, M. R., Papadonikolaki, E., Palliyaguru, R., dan Arashpour, M. (2017). Collaboration in BIM-based construction networks: A bibliometric-qualitative literature review. *International Journal of Project Management*, 35(7), 1288–1301. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.07.001>
- Sing, C., Love, P. E. D., & Tam, C. M. (2012a). Multiplier Model for Forecasting Manpower Demand. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(10), 1161–1168. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000529](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000529)
- Sing, C., Love, P. E. D., & Tam, C. M. (2012b). Stock-Flow Model for Forecasting Labor Supply. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(6), 707–715. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000485](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000485)
- Van Eck, N. J., dan Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Van Eck, N.J., dan Waltman, L. (2011). Text mining and visualization using VOSviewer. *ISSI Newsletter*, 7(3), 50-54.
- Wang, G., dan He, J. (2022). A Bibliometric Analysis on Research Trends of Digital Literacy in Higher Education from 2012 to 2021. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(16), 43–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.3991/ijet.v17i16.31377>
- Wang, Y., Shan, C., Tian, Y., Pu, C., dan Zhu, Z. (2022). Bibliometric Analysis of Global Research on Perinatal Palliative Care. *Frontiers in Pediatrics*, 9(January), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.827507>