

Evolusi Metode MCDM dalam Manajemen Konstruksi

Sendika Renaldi

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Madura, Pamekasan

ABSTRAK: Metode pengambilan keputusan multi-kriteria (MCDM) telah berkembang pesat sejak tahun 1970-an dan diterapkan di berbagai bidang, menunjukkan bahwa bidang penelitian keputusan tetap penting dan berharga. Metode multi-kriteria berkontribusi pada penelitian di bidang teknik sipil dan manajemen konstruksi dengan mengidentifikasi alternatif yang optimal yang dapat digunakan. mempertimbangkan tujuan yang saling bertentangan. Para peneliti menerapkan metode MCDM di bidang-bidang tertentu dalam teknik sipil untuk menyelesaikan konflik antara kriteria ekonomi, lingkungan dan teknologi. Dalam rangka ulang tahun ke-80 Prof. E. K. Zavadskas dan 30 tahun Journal of Civil Engineering and Management (JCEM), artikel ini bertujuan untuk meringkas indikator kinerja JCEM dan kontribusinya dalam pengembangan dan penerapan metode MCDM dalam manajemen konstruksi. Indikator kinerja jurnal diuraikan dengan menggunakan analisis bibliometrik

Kata Kunci: tinjauan bibliometrik, metode MCDM, manajemen konstruksi.

1. PENDAHULUAN

Organisasi di sektor konstruksi beroperasi dalam lingkungan yang terus berubah sepanjang siklus hidupnya. Berbagai pemangku kepentingan konstruksi (perwakilan industri, institusi, masyarakat, dan otoritas lokal) mempengaruhi kinerja sistem konstruksi, terutama melalui regulasi, pertukaran informasi, penelitian, dan Pendidikan [1], [2]. Teknologi yang terus berkembang dan muncul berdampak besar pada efisiensi sektor konstruksi. Tentunya, penerapan teknik dan metode baru yang dapat meningkatkan efisiensi proses akan memainkan peran penting dalam pengembangan industri konstruksi di masa depan [3], [4]. Proses pengambilan keputusan dalam bidang teknik memiliki banyak aspek, dipengaruhi oleh berbagai kriteria dan memiliki sifat evaluasi yang subyektif. Dalam konteks ini, para pengambil keputusan membutuhkan metodologi yang baik untuk membuat keputusan yang tidak memihak, mengatasi masalah etika dan memastikan proses pengambilan keputusan yang menyeluruh dan menyeluruh. Sifat dari masalah-masalah rekayasa menyiratkan perlunya penerapan metodologi yang dapat mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu, variabel-variabel yang kompleks, bobot kriteria yang bersifat subyektif, dan analisis keputusan secara koheren [5], [6].

Para ahli di atas Kategori - kategori yang disebutkan di atas merupakan bagian integral dari metodologi pengambilan keputusan multi-kriteria (MCDM) [7], [8]. MCDM menawarkan pendekatan terstruktur untuk mengevaluasi alternatif berdasarkan berbagai kriteria, yang sangat relevan dalam konteks proses pengambilan keputusan yang kompleks saat ini. Metode pengambilan keputusan multi - kriteria (MCDM) telah berkembang pesat sejak tahun 1970-an dan telah diterapkan di berbagai bidang. Metode MCDM baru telah dikembangkan dan metode yang sudah ada telah dimodifikasi, yang menunjukkan bahwa bidang pencarian ulang pengambilan keputusan masih sangat penting dan berharga. Salah satu penulis pertama dan paling terkemuka [9], yang telah bekerja terus menerus dalam pengembangan dan peningkatan metode MCDM sejak tahun 1976, adalah Profesor Edmundas Kazimieras Zavadskas. Sekolah penelitian yang dikepalai oleh

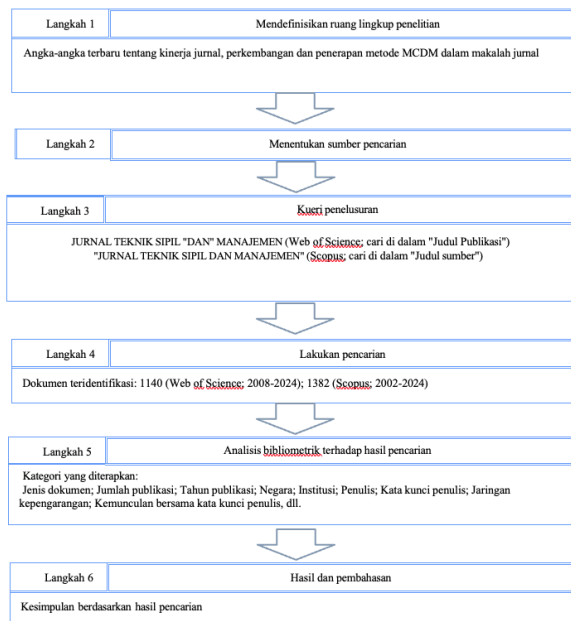
Profesor E. K. Zavadskas, bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan metode multi-kriteria di bidang pembangunan berkelanjutan dan teknik sipil untuk membantu memecahkan berbagai masalah di bidang-bidang ini, dengan menyeimbangkan tujuan efisiensi ekonomi [10], [11], [12], lingkungan, dan teknologi. Penelitian terkonsentrasi pada tiga bidang yang luas: Penelitian Operasional, Teknik Sipil dan Pembangunan Berkelanjutan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Berbagai metrik telah dikembangkan untuk mengukur dampak dari jurnal ilmiah, studi, dan peneliti. Analisis bibliometrik menggabungkan berbagai sistem, alat, dan metode untuk mempelajari dan menganalisis kutipan publikasi ilmiah [13], [14]. Analisis bibliometrik bermanfaat untuk memetakan akumulasi pengetahuan ilmiah dan nuansa evolusioner, menilai secara ketat sejumlah besar data yang tidak terstruktur [15], [16]. Analisis bibliometrik dapat membantu peneliti menemukan tren artikel baru, kinerja jurnal, penulis yang paling produktif, dan pola kolaborasi. Metode dan teknik bibliometrik memungkinkan analisis terperinci atas seluruh produksi jurnal tertentu, mengungkapkan struktur internal dan tren perkembangannya, mengidentifikasi topik-topik dalam bidang yang dianalisis, dan memvisualisasikan hasilnya.

Metode analisis bibliometrik digunakan dalam penelitian sebelumnya untuk melakukan analisis komprehensif terhadap indikator - indikator jurnal. Misalnya, Moniche dkk [17], [18]. melakukan analisis bibliometrik selama empat puluh tahun terhadap European Journal of Operational Research. Yu dkk. [19] menganalisis evolusi jurnal Applied Intelligence menggunakan analisis bibliometrik. Zhou dkk. [20], [21] melakukan tinjauan ulang bibliometrik terhadap Journal of Network and Computer Applications untuk melakukan analisis intrinsik dan mengungkap implikasi struktural dan tersembunyi dari jurnal ini. Untuk memperingati ulang tahun ke-60 Management International Review (MIR), Shahroudi dkk. [22], [23] menerbitkan analisis bibliometrik untuk menyajikan tinjauan ulang jurnal

tersebut dengan menganalisis isinya dari tahun 2006 hingga 2020. Conteras dkk. [24], [25] menggunakan berbagai teknik bibliometrik untuk menganalisis kontribusi keilmuan, pengaruh, kinerja, dan dampak jurnal International Marketing Review. Tinjauan 25 tahun terhadap Journal of International Management dilakukan dengan menggunakan analisis bibliometrik oleh Sanchez dkk. [26]. Dengan mengadaptasi kerangka kerja PRISMA [27] ke dalam kebutuhan dan cakupan analisis bibliometrik Jurnal Teknik dan Manajemen Sipil, langkah-langkah utama analisis yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah-langkah penelitian bibliometrik. Langkah-langkah penelitian analisis bibliometrik.

Suwarno dkk[28], [29]membandingkan 28 pangkalan data ilmiah berdasarkan kualitas penelitian dan kemampuan untuk mengunduh dan menganalisis hasil lengkap. Studi ini menunjukkan bahwa hanya 14 pangkalan data yang dapat dipertimbangkan untuk ditinjau karena memenuhi persyaratan yang diperlukan. Ketika mengevaluasi kemampuan mengunduh hasil pencarian lengkap untuk ditinjau, Web of Science (WoS) dan Scopus ditemukan mengandung data bibliografi yang paling terorganisir dan mendukung rangkaian pencarian yang paling rumit dari pangkalan data yang dibandingkan. Artikel-artikel berkualitas tinggi yang telah ditelaah oleh sejawat diindeks di kedua pangkalan data ini. Kedua pangkalan data ini memungkinkan pengunduhan data bibliografi dan catatan lengkap artikel yang dipilih (misalnya WoS, hingga 1000 artikel dalam satu waktu; Scopus, semua hasil pencarian dalam satu waktu). Keputusan untuk menggunakan database ini juga didasarkan pada fakta bahwa database Scopus memiliki alat analisis terintegrasi, SciVal, yang didasarkan pada data Scopus.

Alat ini memungkinkan evaluasi yang fleksibel terhadap area penelitian apa pun, serta hasil penelitian untuk peneliti, kelompok penelitian, dan negara, dan menggunakan teknik canggih seperti pembelajaran mesin untuk mengekstrak informasi yang bermakna. dari informasi penelitian. Setelah mempertimbangkan semua

pro dan kontra yang dibahas dalam makalah penelitian, dan dengan mempertimbangkan keterbatasan waktu dan kinerja, WoS Core Collection dan Scopus dipilih untuk tinjauan ini.

Dengan mempertimbangkan tujuan makalah ini untuk merangkum indikator kinerja jurnal JCEM dan pencapaian dalam pengembangan metode MCDM, maka pertanyaan penelitian utama dirumuskan sebagai berikut: "Bagaimana dinamika kinerja JCEM dan apa kontribusi publikasi JCEM terhadap pengembangan metode MCDM?". Untuk menjawab pertanyaan tersebut, penelitian ini mencoba untuk mengkaji lebih dalam mengenai indikator-indikator dan kontribusi jurnal JCEM terhadap perkembangan metode MCDM. Sub-sub pertanyaan berikut ini didefinisikan sesuai dengan pertanyaan penelitian utama:

RQ1: Periode mana yang menghasilkan artikel paling banyak dan bagaimana tingkat kutipan berubah?

RQ2: Negara mana yang paling produktif dalam yang paling produktif dalam menerbitkan penelitian di jurnal JCEM?

RQ3: Siapa saja penulis utama yang berkontribusi pada penelitian ulang yang diterbitkan dalam jurnal JCEM?

RQ4: Topik apa yang paling dominan dalam publikasi JCEM?

RQ5: Bagaimana artikel-artikel JCEM membahas topik MCDM?

Analisis bibliometrik memungkinkan Anda meringkas data bibliometrik dalam jumlah besar dan menyajikan tren mutakhir dan yang sedang berkembang dalam topik atau bidang penelitian tertentu. Sebagaimana direkomendasikan oleh Donthu dkk. (2021a, 2021b), analisis bibliometrik digunakan jika cakupan tinjauan luas dan kumpulan data terlalu besar untuk ditelaah secara manual. Teknik analisis bibliometrik memungkinkan analisis kuantitatif terhadap kumpulan data dan melibatkan evaluasi dan interpretasi data yang diperoleh.

Teknik utama analisis bibliometrik yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

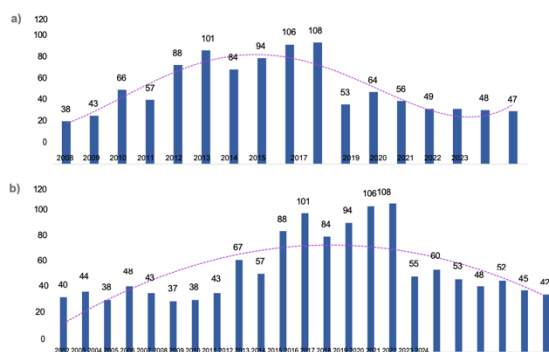
1. Analisis kinerja jurnal, yang menyajikan metrik terkait publikasi, seperti total publikasi, jumlah kutipan dari artikel yang diterbitkan di JCEM, penulis berpengaruh paling produktif, negara berpengaruh paling produktif, jumlah dan pangsa publikasi JCEM pada topik MCDM.
2. Teknik pemetaan termasuk: kemunculan Bersama kata kunci pengarang; 50 kata kunci teratas; jaringan co- author, analisis garis waktu kata kunci berdasarkan studi tahun kemunculan kata kunci. Struktur data bibliometrik dirangkum melalui penggunaan teknologi peningkatan analisis bibliometrik. yaitu pengelompokan dan visualisasi. Hubungan kognitif antara makalah-makalah tersebut diungkap dan dikelompokkan ke dalam klistor - kluster yang terkait menggunakan analisis pengelompokan kata kunci. Kluster - kluster penulisan bersama

dianalisa dan klaster kolaborasi terbesar untuk topik MCDM diidentifikasi.

Alat VOSviewer (<https://www.vosviewer.com/>) (diakses pada 21 Agustus 2024)) digunakan untuk analisis dataset dan pemetaan. VOSviewer [30] adalah alat untuk memvisualisasikan jaringan data bibliografi. Salah satu keunggulan VOSviewer adalah kemampuan menampilkan data bibliometrik secara grafis. VOSviewer memungkinkan tampilan peta bibliometrik yang besar dengan cara yang mudah dipahami. Penggunaan alat ini memastikan evaluasi informasi yang tidak bias.

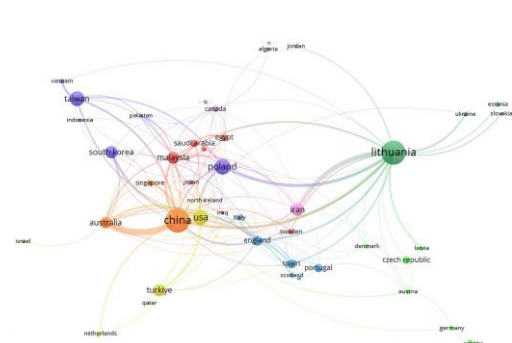
Alat Elsevier SciVal digunakan untuk membuat peta kata kunci yang muncul dalam artikel JCEM berdasarkan kumpulan data Scopus. Berdasarkan informasi yang disediakan oleh alat SciVal, frasa kunci diperoleh dengan membuat anotasi konten dengan tesaurus terpadu (OmniScience) yang mencakup semua disiplin ilmu utama dan membuat daftar istilah yang terstandarisasi. Alat SciVal juga digunakan untuk menganalisis kelompok topik terbesar dari artikel yang diterbitkan di JCEM dengan menggunakan kumpulan data Scopus.

Untuk menjawab pertanyaan penelitian RQ1 (Periode mana yang menghasilkan artikel terbanyak dan bagaimana tingkat sitasi berubah?), pada bagian penelitian ini kami menganalisis dinamika jumlah publikasi di JCEM selama periode yang berbeda. Grafik pada Gambar 2a menunjukkan dinamika publikasi dari tahun 2008 hingga 2024, karena basis data WoS hanya menyediakan informasi mengenai publikasi JCEM dari tahun 2008 dan seterusnya. Seperti yang dapat dilihat dari Gambar 2a dan 2b, jumlah publikasi tertinggi di JCEM diterbitkan pada tahun 2016 (106 - WoS; 106 - Scopus) dan 2017 (108 - WoS; 108 - Scopus). Selama periode pelaporan, rata-rata 60-66 artikel diterbitkan setiap tahun dalam jurnal tersebut. Garis tren polinomial (kurva putus-putus) menunjukkan bahwa jumlah artikel di JCEM meningkat hingga tahun 2017, tetapi telah berfluktuasi akhir-akhir ini. Data Clarivate Analytics yang disajikan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa meskipun jumlah publikasi terbatas, tingkat kutipan jurnal ini telah berkembang pesat selama dekade terakhir.



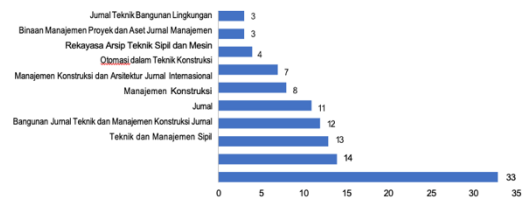
Gambar 2. Jumlah artikel yang diterbitkan di JCEM: a - pada periode 2008 hingga 2024 Q3 (menggunakan kumpulan data dari WoS); b - pada periode 2002 hingga 2024 Q3 (menggunakan kumpulan data dari Scopus)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

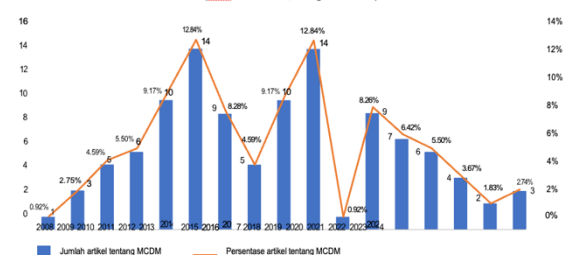


Gambar 5. Jaringan kepenulisan bersama negara-negara (berdasarkan dataset Koleksi Inti WoS)

Menurut data yang diperoleh dari pangkalan data Scopus, peringkat dalam jumlah publikasi dipimpin oleh E. K. Zavadskas dari Vilnius Gediminas Technical University (VIL-NIUS TECH), Lithuania. Z. Turskis dari VILNIUS TECH, Lithuania mengikuti kedua penulis ini dan muncul di posisi yang sama di kedua kumpulan data. Perlu dicatat bahwa pangkalan data yang berbeda memberikan informasi yang berbeda tentang jumlah publikasi yang diterbitkan oleh penulis, karena publikasi JCEM di pangkalan data WoS baru tersedia sejak 2008, sedangkan di Scopus sejak 2002. Basis data yang berbeda dapat berisi kumpulan publikasi yang berbeda; oleh karena itu, hal ini dapat menjadi alasan kemungkinan perbedaan dalam jumlah publikasi dan peringkat penulis. Perbedaan juga dapat disebabkan oleh tanggal pencarian yang berbeda, sehingga pencarian yang dilakukan lebih lambat dari jangka waktu tersebut dapat menghasilkan hasil yang berbeda dan peringkat penulis akan berubah.



Gambar 8. Jumlah yang paling banyak berkontribusi pada pengembangan penelitian tentang MCDM dalam manajemen konstruksi (WoS, Koleksi Inti, 19 Agustus 2024)



Gambar 9. Jumlah artikel terkait MCDM di JCEM pada periode 2008 hingga 2024 (berdasarkan dataset WoS Core Collection)

Tujuan pembangunan berkelanjutan yang paling dominan dari studi yang diterbitkan dalam jurnal JCEM adalah (Gambar 7): Inovasi Industri dan Infrastruktur (406); Kota dan Masyarakat Berkelanjutan (283); Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab (131); Aksi Iklim (78). Tujuan lain tidak begitu berkembang dengan baik, dengan kurang dari 10 publikasi, yaitu Energi yang Terjangkau dan Bersih (8); Kesehatan yang Baik dan Kesejahteraan (6); Kehidupan yang Layak (5); Tanpa Kemiskinan (4); Tanpa Kelaparan (4); Pendidikan Berkualitas (4); Pekerjaan

yang Layak dan Pertumbuhan Ekonomi (2); Air Bersih dan Sanitasi (1); Pengurangan Ketidaksetaraan (1). Untuk menentukan kontribusi jurnal JCEM terhadap pengembangan metodologi MCDM dalam penelitian manajemen konstruksi (dan dengan demikian untuk menjawab pertanyaan penelitian RQ5), analisis bibliometrik dilakukan dengan menggunakan catatan basis data WoS Core Collection. Kumpulan data ini digunakan untuk menganalisis jurnal-jurnal yang paling banyak berkontribusi pada pengembangan penelitian yang menerapkan metode MCDM dalam manajemen konstruksi. Terdapat total 129 dokumen dan 29 jurnal dalam kumpulan data ini. Gambar 8 hanya menggambarkan jurnal-jurnal yang telah menerbitkan tiga atau lebih artikel tentang penerapan MCDM dalam manajemen konstruksi. Secara keseluruhan, ada sepuluh jurnal seperti itu. Sisanya, 19 jurnal lainnya menerbitkan satu atau dua artikel tentang topik ini. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 8, jurnal-jurnal yang paling banyak memberikan kontribusi terhadap perkembangan penelitian yang berfokus pada MCDM dalam manajemen konstruksi.

Kata kunci dari klaster pertama meliputi: "industri konstruksi", "pemilihan kontraktor", "proyek konstruksi internasional", "jaringan syaraf tiruan", "evaluasi kinerja", "ppp", "analisis risiko", "kriteria pemilihan", "dinamika sistem". Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian-penelitian dalam klaster ini membahas masalah evaluasi kinerja kontraktor dalam proyek konstruksi, penilaian risiko dan penilaian proyek infrastruktur kerjasama pemerintah-swasta (KPS), metodologi penilaian risiko untuk proyek konstruksi. Untuk evaluasi kontraktor, para peneliti menggunakan data envelopment analisis (DEA). Untuk penilaian risiko dan penilaian proyek infrastruktur KPS digunakan fault tree, jaringan syaraf tiruan, dan proses jaringan analitik. Untuk memprediksi frekuensi klaim dalam proyek konstruksi digunakan model jaringan syaraf tiruan.

Kata kunci pada klaster kedua menunjukkan bahwa pencarian ulang pada klaster ini berfokus pada aplikasi jaringan syaraf tiruan (JST) dalam berbagai domain teknik sipil. Sebagai contoh, multi-layer perceptron (MLP) dan radial basis neural network (RBNN) digunakan untuk diagnosis kerusakan pada struktur balok. JST diterapkan untuk prediksi kekuatan tekan kolom pendek yang ringan pada suhu tinggi. Penelitian dalam klaster ini juga menganalisa dan membandingkan akurasi prediksi risiko yang dibuat dengan menggunakan metode Random Forest (RF), support vector machines dan jaringan syaraf tiruan.

Penelitian di klaster ketiga berfokus pada keselamatan manajemen dan ketahanan bahan konstruksi

terhadap api, yaitu elemen beton, kayu, lapisan cat pelindung api, bahan berbasis resin poliester. Penelitian dalam klaster ini juga menganalisis sifat reologi dari self-compacting dan jenis campuran beton lainnya, kekuatan lentur dan sifat fisik dan mekanik lainnya dari bahan komposit yang diperkuat serat, kayu, beton dengan bahan tambahan limbah karet remah. Penelitian di klaster keempat berfokus pada penerapan metode MCDM untuk pengambilan keputusan di berbagai bidang teknik sipil. Sebagai contoh, penggabungan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution di bawah lingkungan yang kabur digunakan untuk memilih metode penanggulangan poros yang tepat. Sistem pengambilan keputusan multi-kriteria berdasarkan metode MIVES digunakan untuk menilai skor indeks keberlanjutan global dari sistem pendukung turbin angin yang ada. Sebuah metode yang didasarkan pada fuzzy analytic network process (F-ANP) dan pemodelan struktural interpre-tif (ISM) diusulkan untuk penilaian risiko proyek-proyek KPS. Proses Hirarki Analitik (AHP) dan Teknik Fuzzy untuk Urutan Preferensi berdasarkan Kemiripan dengan Solusi Ideal (Fuzzy TOPSIS) diterapkan untuk memilih teknik survei yang paling sesuai untuk menghasilkan Model Medan Digital (Digital Terrain Model/DTM). Pendekatan MCDM terintegrasi di bawah ketidakpastian diusulkan untuk pemilihan proyek konstruksi. Pendekatan ini mengintegrasikan Fuzzy Preference Programming (FPP) sebagai modifikasi dari Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP), dengan Fuzzy Inference System (FIS) sebagai sistem pakar berbasis aturan fuzzy.

Penelitian dalam klaster kelima meneliti kapasitas menahan beban dari elemen-elemen struktur. Sebagai contoh, penelitian menganalisis karakteristik perilaku kerja dari model jembatan box-girder beton prategang kontinu dengan kelengkungan besar (CPCBG) berdasarkan teori kondisi tegangan struktur. Studi lain menyelidiki kinerja struktural gelagar kotak beton bertulang (RC). Penelitian di klaster keenam berfokus pada estimasi dan prediksi biaya konstruksi pada tahap awal pengembangan proyek. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan adalah model yang telah dikirim sebelumnya untuk menghitung biaya konstruksi selama tahap konseptual proyek; menggunakan teknik pemrograman ekspresi gen (GEP) untuk mengembangkan model prediksi untuk mengotomatisasi estimasi biaya konstruksi.

Penelitian di klaster ketujuh berfokus pada penggunaan BIM yang terintegrasi dengan alat bantu lain untuk pengambilan keputusan dalam konstruksi dan mitigasi masalah informasi asimetris dalam proyek konstruksi. Sebagai contoh, penelitian mengusulkan

pendekatan untuk manajemen BIM dalam rantai pasokan dengan menggunakan berbagai moda penyampaian informasi, termasuk informasi berbasis objek yang ditransfer dalam format IFC (Industry Foundation Classes). Studi lainnya mengintegrasikan penggunaan perangkat lunak simulasi energi, basis data biaya, dan perangkat lunak BIM untuk membuat dan menilai berbagai skenario.

4. KESIMPULAN

Jurnal JCEM sangat penting dalam konteks agregasi dan transmisi pengetahuan dalam domain manajemen konstruksi. Analisis menunjukkan bahwa JCEM telah memberikan kontribusi terbesar dalam pengembangan metodologi MCDM dalam penelitian manajemen konstruksi dibandingkan dengan jurnal lainnya. Sejak awal, para editor Journal of Civil Engineering and Management dapat berbangga hati karena telah mempromosikan isu-isu penelitian yang menarik dari perspektif internasional. Dalam tinjauan ini, analisis bibliometrik digunakan untuk mengevaluasi kinerja jurnal JCEM dan untuk menyajikan indikator-indikator yang terkait dengan publikasi. Analisis tersebut menunjukkan bahwa Cina adalah negara yang paling produktif, dengan tingkat publikasi di JCEM lebih dari dua kali lipat dari Lithuania yang berada di posisi kedua. Penulis dari Cina dan Lithuania diikuti oleh penulis dari Polandia, Amerika Serikat, Taiwan, Iran, Korea Selatan, Australia, Malaysia, dan Turki. Peringkat jurnal ini telah meningkat sejak masuk ke database internasional dan mendapatkan faktor dampak. Hasilnya terlihat dari jumlah penulis dari semua benua dan jumlah kutipan artikel yang signifikan. Selama satu dekade terakhir, kutipan jurnal ini meningkat empat kali lipat. Selain itu, prestise jurnal ini terletak pada kuartil Q1, baik di database Scopus maupun di database Web of Science. Dengan demikian, evolusi dan tonggak sejarah dalam pengembangan Jurnal Teknik dan Manajemen Sipil tidak dapat dipungkiri, dan ternyata kontribusi JCEM dalam mempromosikan metode MCDM dalam manajemen konstruksi sangat signifikan.

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik, topik-topik yang menjadi fokus penelitian jurnal ini selama satu dekade terakhir meliputi: Pemodelan Informasi Bangunan (Building Information Modeling/BIM), desain arsitektur, industri konstruksi, manajemen konstruksi, pemodelan informasi, MCDM, dan algoritme pengoptimalan waktu.

Analisis ini menunjukkan minat yang signifikan dalam penerapan teknologi digitalisasi di sektor konstruksi. Kemajuan teknologi seperti Internet of Things (IoT), dan teknologi berbasis blockchain merupakan topik yang relatif baru yang dibahas dalam makalah-makalah JCEM. Makalah JCEM terbaru mengusulkan bahwa pemanfaatan teknologi tersebut memfasilitasi pengembangan sistem cyber-physical systems (CPS) yang canggih, sehingga memungkinkan proses kontrol proyek yang lebih dinamis, menilai kinerja proyek di lokasi dan keseluruhan, melacak pembuatan

data digital as-built secara progresif, dan merampingkan aliran data antara fase konstruksi dan operasi. fase operasional. Jelaslah bahwa penelitian lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan pemahaman kita tentang peran teknologi disruptif dalam mendorong kemajuan dalam industri konstruksi.

Ulasan ini menunjukkan perkembangan dinamis yang nyata dari metode MCDM, serta kegunaannya. Dengan bantuan mereka, banyak masalah teknik, ekonomi, dan organisasi telah diselesaikan, terutama dengan data yang tidak lengkap. Dampak standarisasi pada pengembangan metode selanjutnya, termasuk metode hibrida, juga terlihat. Tinjauan ini memperhitungkan perluasan dan adaptasi metode yang ada, serta pemaparan metode (model) yang dibuat oleh komunitas akademis yang bekerja sama dengan Journal of Civil Engineering and Management. Hasil analisis menunjukkan bahwa para penulis semakin banyak menerapkan metode MCDM pada berbagai macam masalah dalam manajemen konstruksi. Oleh karena itu, ada kemungkinan bahwa metode MCDM baru dan modifikasi metode yang ada dapat dikembangkan di masa depan seiring dengan berkembangnya bidang ini. Penerapan MCDM yang terintegrasi dengan teknologi canggih, seperti Teknologi Blockchain (BT) dan Internet of Things (IoT) diharapkan dapat memberikan manfaat, termasuk, namun tidak terbatas pada: meningkatkan transparansi dan keandalan data untuk pengambilan keputusan dan proses pengambilan keputusan itu sendiri. Oleh karena itu, disarankan agar para penulis mengembangkan topik-topik ini lebih lanjut dalam penelitian selanjutnya.

Gengsi dan peringkat jurnal ini meningkat berkat kontribusi Profesor Edmundas Kazimieras Zavadskas, para kolaboratornya di seluruh dunia, dan promosi metode MCDM dari sisi teoretis dan praktis. Pertama-tama, Edmundas Kazimieras Zavadskas memberikan kontribusi yang sangat besar dalam pengembangan jurnal dan menciptakan sebuah sekolah ilmiah yang mengedepankan metode MCDM. Oleh karena itu, sebagian dari artikel ini dikhususkan untuk pencapaiannya. Berbagai artikelnya dan, yang terpenting, kepenulisan atau kepenulisan bersama buku-buku berkontribusi pada teori dan praktik MCDM dan mendorong inovasi berkelanjutan di bidang ini.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. P. Eka Putra, . S., A. Ramadhani, and . M., "Integrasi Teknologi Kuantum dan fiber Optik untuk Meningkatkan Keamanan dan Efisiensi Jaringan Masa Depan," *Jurnal Ilmiah ILKOMINFO - Ilmu Komputer & Informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 151–163, 2025, doi: 10.47324/ilkominfo.v8i2.342.
- [2] Fauzan Prasetyo Eka Putra, Debri Eko Arissandi, Achmad Rofiqi, and Moh Firman Hidayat, "Pemanfaatan Mikrotik Dalam Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Sekolah," 2025, *researchgate.net*. doi: 10.55606/jitek.v5i1.5938.
- [3] K. Kim, S. Mithas, J. Whitaker, and P. K. Roy, "Industry-specific human capital and wages:

- Evidence from the business process outsourcing industry,” *Information Systems Research*, vol. 25, no. 3, pp. 618–638, 2014, doi: 10.1287/isre.2014.0532.
- [4] J. J. González-Cortés, D. Cantero, and M. Ramírez, “Project-Based Learning in Bioprocess Engineering: MATLAB Software as a Tool for Industrial-Scale Bioreactor Design,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 33, no. 1, 2025, doi: 10.1002/cae.22811.
- [5] J. J. Szczygielski, A. Charteris, L. Obojska, and J. Brzeszczyński, “Capturing the timing of crisis evolution: A machine learning and directional wavelet coherence approach to isolating event-specific uncertainty using Google searches with an application to COVID-19,” *Technol Forecast Soc Change*, vol. 205, 2024, doi: 10.1016/j.techfore.2024.123319.
- [6] D. L. Moss, “Toward a Coherent Approach to Market Power in the Digital Sector: Complexity, Growth through Acquisition, and Remedies,” *Antitrust Bulletin*, vol. 67, no. 4, pp. 536–551, 2022, doi: 10.1177/0003603X221126139.
- [7] K. W. Khaw, M. Camilleri, V. Tiberius, A. Alnoor, and A. S. Zaidan, “Benchmarking electric power companies’ sustainability and circular economy behaviors: using a hybrid PLS-SEM and MCDM approach,” *Environ Dev Sustain*, vol. 26, no. 3, pp. 6561–6599, 2024, doi: 10.1007/s10668-023-02975-x.
- [8] S. Zeng, J. Zhou, C. Zhang, and J. M. Merigó, “Intuitionistic fuzzy social network hybrid MCDM model for an assessment of digital reforms of manufacturing industry in China,” *Technol Forecast Soc Change*, vol. 176, 2022, doi: 10.1016/j.techfore.2021.121435.
- [9] A. L. T. Damasceno, C. Morini, and E. I. Junior, “High digital growth: Essential capabilities and the research agenda,” *Int J Entrep Innov Manag*, vol. 27, no. 5–6, pp. 330–359, 2023, doi: 10.1504/IJEIM.2023.136398.
- [10] A. Dabbous and A. Tarhini, “Does sharing economy promote sustainable economic development and energy efficiency? Evidence from OECD countries,” *Journal of Innovation and Knowledge*, vol. 6, no. 1, pp. 58–68, 2021, doi: 10.1016/j.jik.2020.11.001.
- [11] H. Wu, Z. Feng, T. Sun, R. Li, and H. Zhao, “Efficiency, sustainability, and resilience a trifecta for a green economic recovery through natural resource markets,” *Resources Policy*, vol. 88, 2024, doi: 10.1016/j.resourpol.2023.104435.
- [12] X. Li *et al.*, “Nuanced strategies for material efficiency: Addressing developmental heterogeneities and socio-economic shifts,” *Resour Conserv Recycl*, vol. 210, 2024, doi: 10.1016/j.resconrec.2024.107823.
- [13] V. Morretta, D. Vurchio, and S. Carrazza, “The socio-economic value of scientific publications: The case of Earth Observation satellites,” *Technol Forecast Soc Change*, vol. 180, 2022, doi: 10.1016/j.techfore.2022.121730.
- [14] P. Asna Ashari, K. Blind, and C. Koch, “Knowledge and technology transfer via publications, patents, standards: Exploring the hydrogen technological innovation system,” *Technol Forecast Soc Change*, vol. 187, 2023, doi: 10.1016/j.techfore.2022.122201.
- [15] M. H. Romli, F. Wan Yunus, C. C. Foong, and K. L. Soh, “Malaysian nursing students’ satisfaction with structured online learning,” *Innovations in Education and Teaching International*, 2023, doi: 10.1080/14703297.2023.2192512.
- [16] M. Laukkanen and O. Tahvonen, “Wood product differentiation in age-structured forestry,” *Resour Energy Econ*, vol. 73, 2023, doi: 10.1016/j.reseneeco.2023.101374.
- [17] X. Font, A. Torres-Delgado, G. Crabolu, J. Palomo Martinez, J. Kantenbacher, and G. Miller, “The impact of sustainable tourism indicators on destination competitiveness: the European Tourism Indicator System,” *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 31, no. 7, pp. 1608–1630, 2023, doi: 10.1080/09669582.2021.1910281.
- [18] A. Moniche and I. Gallego, “Benefits of policy actor embeddedness for sustainable tourism indicators’ design: the case of Andalusia,” *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 31, no. 7, pp. 1756–1775, 2023, doi: 10.1080/09669582.2021.2024551.
- [19] D. Skalli *et al.*, “Integrating Lean Six Sigma and Industry 4.0: developing a design science research-based LSS4.0 framework for operational excellence,” *Production Planning and Control*, vol. 36, no. 8, pp. 1060–1086, 2025, doi: 10.1080/09537287.2024.2341698.
- [20] J. Zhou, Y. Shen, A. A. Pantelous, and Y. Liu, “Quality Function Deployment: A Bibliometric-Based Overview,” *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 71, pp. 1180–1201, 2024, doi: 10.1109/TEM.2022.3146534.
- [21] V. Uskokovic, S. Zdravkovic, S. Komazec, and V. Jeremic, “Detecting Trending Topics Captivating Circular Economy: a Bibliometric-Based Approach,” in *Proceedings of the 17th International Symposium on Operational Research in Slovenia, SOR 2023*, 2023, pp. 259–262. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85179525036&partnerID=40&md5=05e17043f80640a0923a1973111f9afa>
- [22] M. J. Shahroudi, M. Rezaei, M. Mirzaei-pour, M. Saravani, H. Shahraki-Ghadimi, and S. Arab, “Association between miR-202, miR-211, and miR-1238 gene polymorphisms and risk of vitiligo,” *Arch Dermatol Res*, vol. 316, no. 5, 2024, doi: 10.1007/s00403-024-02847-y.
- [23] B. Bayramov *et al.*, “Association of miR-149 T>C and miR-196a2 C>T Polymorphisms with Colorectal Cancer Susceptibility: A Case-Control

- Study,” *Biomedicines*, vol. 11, no. 9, 2023, doi: 10.3390/biomedicines11092341.
- [24] G. Marzi, M. Balzano, A. Caputo, and M. M. Pellegrini, “Guidelines for Bibliometric-Systematic Literature Reviews: 10 steps to combine analysis, synthesis and theory development,” *International Journal of Management Reviews*, vol. 27, no. 1, pp. 81–103, 2024, doi: 10.1111/ijmr.12381.
- [25] F. Contreras, K. Jauregui, and S. Rank, “The intellectual structure of human resource management and digitalization research: A bibliometric-mapping analysis,” *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, vol. 73, 2024, doi: 10.1016/j.jengtecman.2024.101829.
- [26] C. Sánchez-Camacho, B. M. San-Emeterio, R. Carranza, and B. Feijoo, “Mapping Two Decades of Evolution of Artificial Intelligence and Machine Learning in Digital Marketing and Digital Promotion To Determine the Current Direction: a Systematic Review Using Bibliometrics*,” *Journal of Electronic Commerce Research*, vol. 26, no. 1, pp. 1–33, 2025, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-86000724870&partnerID=40&md5=638d54dc42825c9d412c110d903c2179>
- [27] S. P. Rahayu and I. G. L. P. E. Prisma, “Implementasi Monitoring Manajemen Jaringan Dengan Software The Dude Berbasis Telegram Messenger,” *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, vol. 4, no. 01, pp. 19–25, 2022, doi: 10.26740/jinacs.v4n01.p19-25.
- [28] S. Suwarno, N. Ibrahim, and U. A. Chaeruman, “Mapping Scientific Research on Hypermedia Learning Technology Using Scopus Database: A Bibliometric Approach,” *Library Philosophy and Practice*, vol. 2021, pp. 1–20, 2021, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85108840497&partnerID=40&md5=007039e73685d1dc75b8eca1dcd5fede>
- [29] M. Á. Frende Vega, J. D. Vásquez Torres, and M. C. García, “Digital entrepreneurship: bibliometric analysis on Scopus and Wos database,” *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 30, no. 109, pp. 28–44, 2025, doi: 10.52080/rvgluz.30.109.2.
- [30] L. C. Leonidou, M. Theodosiou, F. Nilssen, P. Eteokleous, and A. Voskou, “Evaluating MNEs’ role in implementing the UN Sustainable Development Goals: The importance of innovative partnerships,” *International Business Review*, vol. 33, no. 3, 2024, doi: 10.1016/j.ibusrev.2024.102259.

Halaman ini sengaja dikosongkan