

## Kajian literatur: implementasi teknologi *Virtual Reality* (VR) dalam industri konstruksi

Muhammad Alwan Dwi Widodo<sup>1,\*</sup>, Hasnaa Anggia Agustina<sup>1</sup>, Raihan Prasetyawan Ardiansyah<sup>1</sup>, Vendie Abma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

### Article Info

Available online

### Keywords:

VR  
Virtual Reality  
Konstruksi  
Kajian literatur  
PRISMA  
Bibliometrik

### Abstract

*This paper examines the role of Virtual Reality (VR) technology in revolutionizing the construction industry by improving project planning, design visualization and worker training. VR provides interactive simulations that improve client engagement and design evaluation, leading to more efficient project planning and data-driven decision making. This study uses a qualitative research approach, combining bibliometric analysis and PRISMA methods to review literature from the Scopus database. This analysis highlights the significant growth in VR-related construction research, especially in developed countries, and identifies key research clusters in architectural planning, 3D visualization, and construction safety. Despite its advantages, VR implementation faces challenges such as high initial costs and limitations in simulating real-world conditions, which are significant hurdles for small and medium-sized businesses. VR also supports sustainable construction by reducing material waste and enabling energy efficiency testing, aligning with the global trend towards environmentally friendly construction practices. The paper concludes that although VR has great potential, overcoming financial and technical barriers is critical to widespread adoption.*

### Corresponding Author:

Muhammad Alwan Dwi  
Widodo  
23914018@students.uii.ac.i  
d

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

## Pendahuluan

### Latar Belakang

Teknologi *Virtual Reality* (VR) telah mengalami kemajuan pesat dalam beberapa dekade terakhir, memberikan pengaruh besar pada berbagai sektor industri, terutama industri konstruksi (Lopez dkk., 2022). Industri konstruksi, yang diakui sebagai salah satu sektor yang paling rumit dan berbahaya, memerlukan solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi (Abma dkk., 2024), mengurangi kesalahan, dan membangun lingkungan kerja yang lebih aman (Ramadhani & Abma, 2023). Dalam kerangka ini, VR telah muncul sebagai teknologi yang sangat diminati karena kemampuannya untuk mensimulasikan lingkungan dunia nyata dalam format digital yang sangat rinci dan interaktif (Bashabsheh dkk., 2019).

Penerapan teknologi VR dalam industri konstruksi mencakup beragam fungsi, mulai dari perencanaan proyek dan pelatihan pekerja hingga visualisasi desain (Hong dkk., 2024). Melalui pemanfaatan VR, pemangku kepentingan diberikan kesempatan untuk mengeksplorasi dan memahami desain proyek dengan cara yang lebih mendalam sebelum dimulainya proses konstruksi. Ini tidak hanya membantu mengurangi kemungkinan kesalahan desain tetapi juga memfasilitasi pengambilan keputusan yang dipercepat dan lebih akurat berdasarkan data visual yang jelas (Orihuela dkk., 2019).

Selain itu, VR mengambil peran penting dalam pelatihan dan pendidikan personel konstruksi. Melalui simulasi berbasis VR, pekerja dapat dilatih untuk menavigasi skenario kerja berbahaya tanpa memerlukan kehadiran fisik mereka di lokasi yang

sebenarnya. Ini memberikan keuntungan yang signifikan dalam hal keselamatan kerja dan kemanjuran pelatihan (Rivera dkk., 2021).

Sebaliknya, integrasi teknologi VR dalam industri konstruksi bukan tanpa tantangan, termasuk biaya implementasi yang tinggi, persyaratan untuk perangkat keras dan perangkat lunak khusus, serta resistensi terhadap perubahan dari para profesional yang akrab dengan metodologi tradisional (Sepasgozar dkk., 2023). Akibatnya, penelitian tentang dampak teknologi VR dalam industri konstruksi sangat penting untuk memahami potensi keuntungan, hambatan, dan strategi implementasi yang efektif.

Mengingat konteks ini, penelitian ini berusaha untuk menyelidiki perkembangan serta dampak teknologi VR pada berbagai dimensi industri konstruksi, termasuk efisiensi, keselamatan, dan keberlanjutan. Temuan penelitian ini diantisipasi untuk menghasilkan wawasan baru bagi para pemangku kepentingan dalam merumuskan strategi adopsi teknologi VR yang selaras dengan persyaratan industri.

## Landasan Teori

### *Systematic Literature Review*

Systematic Literature Review (SLR) merupakan metode kajian literatur yang terstruktur dan sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis penelitian yang relevan dengan topik tertentu. SLR dirancang untuk mengurangi bias dalam proses pengumpulan dan analisis data dari penelitian sebelumnya. SLR memiliki keunggulan dibandingkan tinjauan literatur tradisional karena menggunakan prosedur yang transparan dan dapat direplikasi (Kitchenham dkk., 2009). Dalam pelaksanaannya, SLR melibatkan beberapa tahap penting, seperti identifikasi pertanyaan penelitian, pencarian literatur secara komprehensif melalui database terpercaya, seleksi penelitian berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, evaluasi kualitas literatur, serta sintesis temuan secara naratif atau kuantitatif. Proses yang sistematis ini

memberikan hasil kajian yang lebih valid, andal, dan relevan untuk mendukung pengembangan teori atau aplikasi praktis di berbagai bidang.

### *Analisis Bibliometrik*

Analisis bibliometrik adalah metode kuantitatif yang digunakan untuk menganalisis dan memvisualisasikan pola publikasi ilmiah dalam suatu bidang penelitian. Analisis bibliometrik telah berkembang untuk mencakup analisis jaringan yang kompleks dan teknik visualisasi lanjutan, memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang lanskap ilmiah di berbagai bidang. Studi terbaru seperti yang dilakukan oleh Zhao dkk. (2023) memanfaatkan data komprehensif dari database seperti *Scopus* untuk melacak evolusi tema penelitian dan kolaborasi, mengungkapkan pola yang menonjolkan peneliti berpengaruh dan institusi kunci. Dengan menggunakan data dari database seperti *Scopus* atau *Web of Science*, analisis ini dapat memberikan wawasan mengenai tren penelitian, jurnal bereputasi, serta penulis dan institusi paling produktif. Selain itu, analisis bibliometrik membantu mengidentifikasi kontribusi suatu penelitian terhadap perkembangan ilmu pengetahuan melalui sitasi dan kolaborasi akademik (Donthu dkk., 2021).

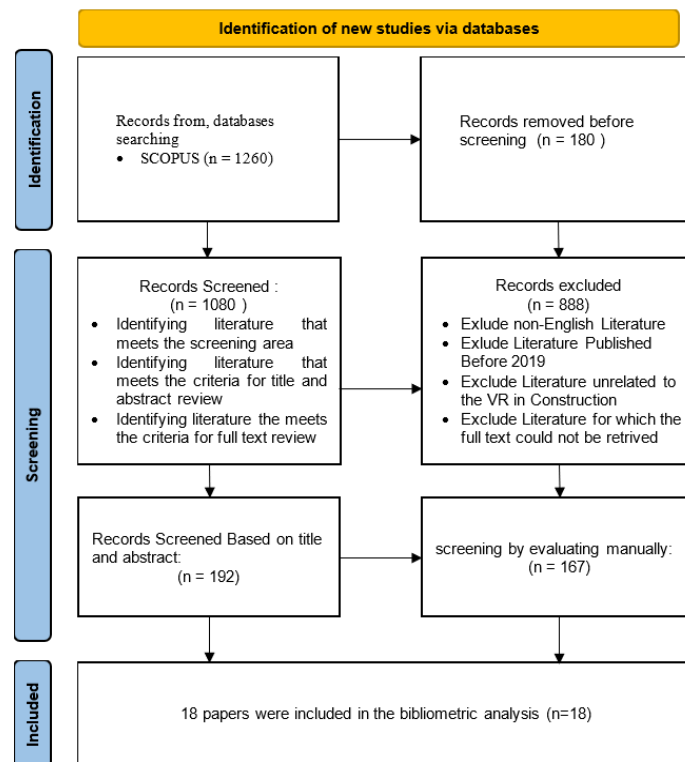
Proses analisis bibliometrik biasanya mencakup pengumpulan metadata publikasi, analisis statistik, dan visualisasi hasil. Tools seperti *VOSviewer* dan *CiteSpace* sering digunakan untuk memetakan jaringan sitasi, *co-authorship*, atau hubungan kata kunci. Salah satu tujuan utama analisis bibliometrik adalah memahami perkembangan topik penelitian secara historis dan mengidentifikasi tren masa depan. Analisis ini berperan penting dalam memberikan wawasan menyeluruh tentang kontribusi dan perkembangan suatu bidang ilmu.

### *Metodologi Penelitian*

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian kualitatif dengan kombinasi antara analisis bibliometrik dan metode PRISMA (*Preferred Reporting Items*

for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Pencarian literatur dilakukan melalui database Scopus dengan menggunakan kata kunci "VR" atau "virtual reality" dan "construction". Penelitian ini hanya menggunakan Scopus karena cakupan jurnal yang luas, kualitas tinggi, dan relevansi terhadap topik penelitian. Kriteria literatur yang dicari mencakup dokumen yang diterbitkan dalam rentang waktu 2019 hingga 2024 dan diakses terakhir pada tanggal 12 Desember 2024. Awal pencarian menghasilkan sebanyak 1.260 dokumen. Setelah dilakukan penyaringan awal sesuai kriteria inklusi, seperti jenis dokumen berupa artikel jurnal dan makalah konferensi (*conference papers*), berbahasa Inggris, serta bersifat *open access*, sebanyak 192 dokumen terpilih untuk dianalisis menggunakan metode bibliometrik.

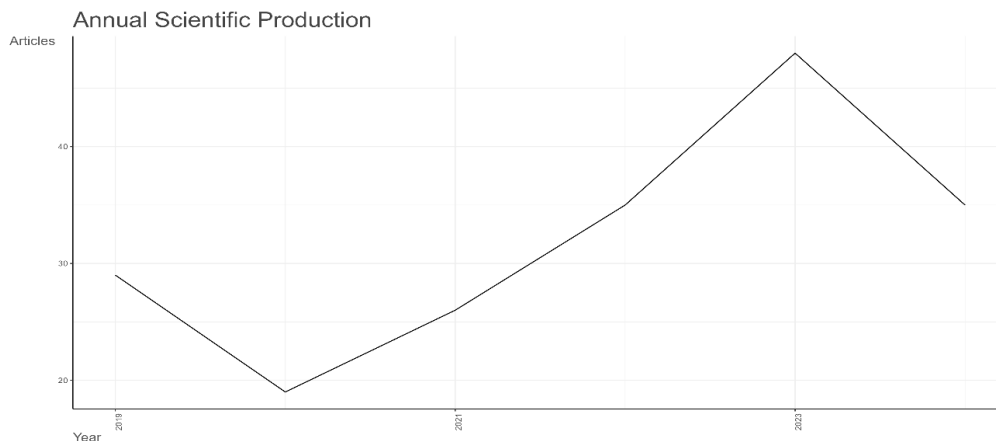
Analisis bibliometrik dilakukan untuk mengevaluasi tren penelitian, mengidentifikasi kontribusi penulis, institusi, dan jurnal yang paling produktif, serta memetakan hubungan antar kata kunci dengan bantuan perangkat lunak VOSviewer dan Bibliometrix (*R Package*). Dari 192 dokumen tersebut, dilakukan seleksi lebih lanjut berdasarkan kriteria tambahan, yaitu dokumen isi utamanya menyatakan dampak atau pengaruh VR dalam industri konstruksi. Hasil akhirnya adalah 18 dokumen yang dipilih untuk dianalisis secara mendalam menggunakan metode PRISMA. Pendekatan ini memungkinkan penelitian menghasilkan kesimpulan yang valid dan berbasis bukti, sekaligus memberikan wawasan menyeluruh tentang pengaruh VR dalam industri konstruksi.



Gambar 1. Diagram Alir Hasil Pencarian (PRISMA Diagram)

**Analisis dan Pembahasan**

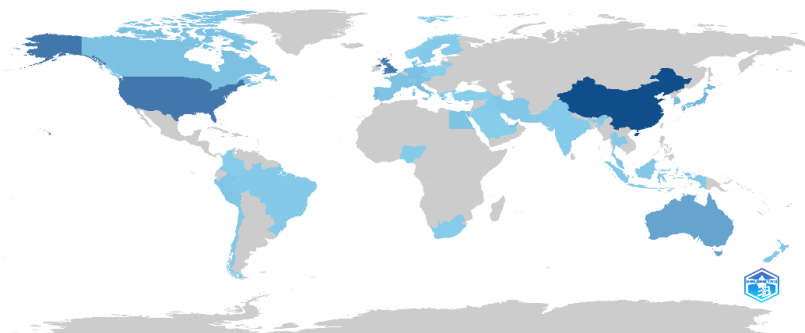
**Analisis Bibliometrik**



Gambar 2. Jumlah artikel berdasarkan tahun publikasi

Dari total 192 artikel yang membahas topik VR dalam konstruksi, distribusi publikasi menunjukkan angka tertinggi pada tahun 2023 dengan jumlah 48 artikel. Detail distribusi dapat dilihat pada Gambar 2 diatas, dengan tren menunjukkan dari taun 2023 diikuti oleh tahun 2022 dan 2024, yang masing-masing mencatat 35 artikel, serta tahun 2019 dengan

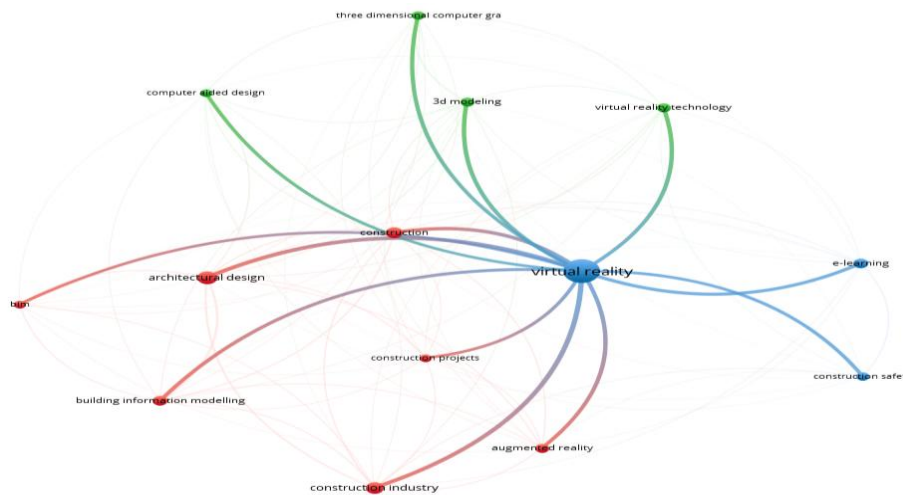
29 artikel. Selanjutnya, tahun 2021 mencatat 26 artikel, sedangkan tahun 2020 memiliki jumlah publikasi paling sedikit, yaitu 19 artikel. Data ini mengindikasikan adanya peningkatan signifikan dalam penelitian terkait VR dalam konstruksi, terutama dalam tiga tahun terakhir.



Gambar 3. Jumlah artikel berdasarkan negara penulis (Bibliometrix)

Gambar 3 menyajikan distribusi jumlah artikel berdasarkan negara asal penulis dalam periode 2019–2024. Berdasarkan data tersebut, Tiongkok merupakan negara dengan jumlah publikasi tertinggi, mencapai 39 artikel, diikuti oleh Amerika Serikat dengan 22 artikel, dan Inggris dengan 19 artikel. Selanjutnya, Australia mencatatkan 8 artikel,

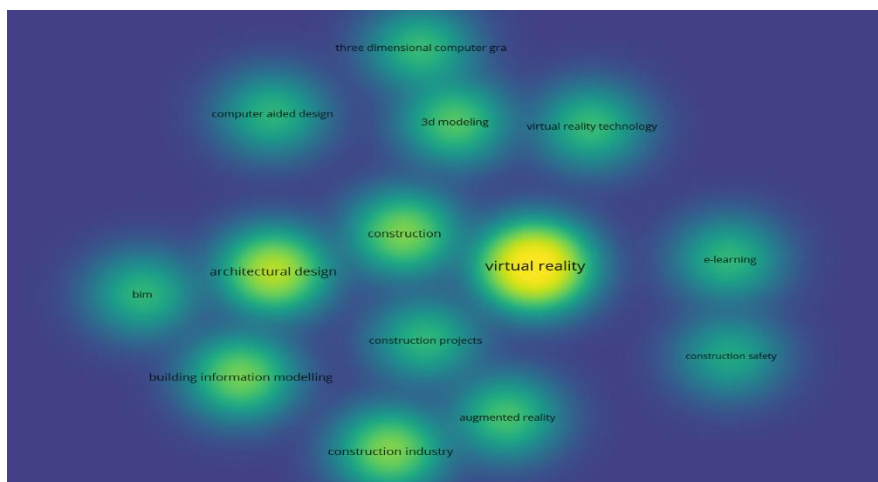
sementara Hong Kong, Jepang, dan Korea masing-masing memiliki 5 artikel. Indonesia tercatat hanya menerbitkan 2 artikel pada tahun 2023. Negara-negara lainnya memiliki kontribusi publikasi yang lebih kecil, yaitu kurang dari 5 artikel, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 4. Visualisasi Hubungan Kata Kunci *Virtual Reality* dalam Kontruksi

Dalam analisis menggunakan VOSviewer (gambar 4), visualisasi data disajikan dalam bentuk jaringan yang terdiri dari *node* (bulatan) yang mewakili elemen analisis, seperti kata kunci, dan *edges* (garis) yang menunjukkan hubungan atau keterkaitan antar elemen. Dalam konteks ini, kata kunci utama yang dianalisis adalah *Virtual Reality* dalam konstruksi, yang memiliki hubungan erat dengan beberapa cluster. Pada Cluster 1 (merah), kata kunci terkait mencakup *construction*, *architectural design*, *BIM*, *construction project*, *augmented reality*, dan *construction industry*, menunjukkan penggunaan VR dalam perencanaan arsitektur, pengelolaan proyek, dan integrasi teknologi lainnya di industri konstruksi.

Cluster 2 (hijau) mencakup kata kunci seperti *computer-aided design (CAD)*, *3D modelling*, *VR technology*, dan *three-dimensional computer graphics*, yang mencerminkan peran VR dalam mendukung teknologi desain berbasis komputer dan visualisasi tiga dimensi. Sementara itu, Cluster 3 (biru) berfokus pada aspek keselamatan dan pembelajaran dalam konstruksi, dengan kata kunci *construction safety* dan *e-learning*, yang menunjukkan pemanfaatan VR dalam pelatihan keselamatan kerja melalui simulasi dan pembelajaran elektronik di industri konstruksi. Hal ini menunjukkan bahwa VR berperan penting sebagai teknologi multifungsi di berbagai aspek konstruksi.



Gambar 5. Visualisasi Kepadatan Kata Kunci *Virtual Reality* dalam Kontruksi

Gambar 5 menunjukkan Visualisasi kepadatan dalam VOSviewer. Visualisasi Kepadatan merupakan representasi grafis yang menunjukkan intensitas kemunculan elemen tertentu, seperti kata kunci, berdasarkan frekuensi atau keterkaitannya dalam dataset. Menggunakan gradasi warna, visualisasi ini memetakan elemen dengan kepadatan tertinggi menggunakan warna paling jenuh, sementara elemen dengan kepadatan lebih rendah ditandai dengan warna yang semakin pudar. Tujuan dari visualisasi kepadatan adalah untuk memberikan pemahaman intuitif tentang distribusi elemen-elemen utama dalam dataset dan mengidentifikasi topik yang paling dominan serta keterkaitannya dalam penelitian (Perianes-Rodriguez dkk., 2016). Dalam analisis ini, kata kunci VR muncul sebagai elemen dengan kepadatan tertinggi, diikuti oleh *Architectural Design*, serta elemen-

elemen lainnya seperti BIM, *Construction*, dan *Construction Industry*, yang meskipun memiliki kepadatan lebih rendah, tetap menunjukkan relevansi signifikan. Dengan demikian, visualisasi ini menegaskan bahwa VR merupakan elemen kunci dalam penelitian konstruksi, sekaligus memperlihatkan hubungan eratnya dengan bidang-bidang terkait.

### Dampak Virtual Reality dalam Kontruksi

Penelitian ini mengidentifikasi 18 artikel yang relevan melalui penyaringan menggunakan pendekatan PRISMA diagram untuk mengeksplorasi manfaat dan tantangan dalam penerapan VR di industri konstruksi. Tabel berikut merangkum manfaat dan tantangan utama penggunaan VR dalam industri ini berdasarkan hasil analisis dari artikel-artikel tersebut.

Tabel 1. Manfaat dan Tantangan Penerapan Virtual Reality dalam Kontruksi

Kategori	Manfaat	Basis Literatur	Tantangan	Basis Literatur
Desain dan Visualisasi	Visualisasi yang lebih baik meningkatkan pemahaman ruang dan pengurangan kesalahan desain	(Abbas dkk., 2019; Ahmed, 2020; Leong dkk., 2024; Vijayalakshmi dkk., 2023)	Biaya investasi awal yang tinggi dan keterbatasan akurasi simulasi kondisi nyata	(Moore & Gheisari, 2019; Tan dkk., 2022; Veble dkk., 2024)
	Peningkatan keterlibatan klien melalui simulasi interaktif	(Abbas dkk., 2019; Bakar dkk., 2024; Lopez dkk., 2022b; Ramaji dkk., 2021)	Mabuk gerakan dan ketidaknyamanan pengguna	(Jacobsen dkk., 2022; Oke dkk., 2023; Veble dkk., 2024)
Manajemen Proyek	Perencanaan proyek yang lebih efisien dan pengambilan keputusan yang lebih baik	(Abbas dkk., 2019; Ahmed, 2020; Yu dkk., 2024)	Kesulitan integrasi teknologi VR dengan sistem manajemen proyek	(Lopez dkk., 2022b; Tan dkk., 2022; Ventura dkk., 2022)
	Kolaborasi yang lebih baik antara pemangku kepentingan	(Ahmed, 2020; Bakar dkk., 2024; Quan, 2019; Ramaji dkk., 2021)	Kurangnya standarisasi dalam penerapan VR	(Osti dkk., 2021; Tan dkk., 2022; Veble dkk., 2024; Yu dkk., 2024)
Pelatihan dan Pendidikan	Simulasi aman untuk skenario berbahaya dan pelatihan interaktif	(Jacobsen dkk., 2022; Osti dkk., 2021; Ventura dkk., 2022)	Ketergantungan pada infrastruktur fisik VR yang mahal	(Abbas dkk., 2019; Lopez dkk., 2022b; Tan dkk., 2022)
	Penguasaan keterampilan yang lebih baik melalui pelatihan imersif	(Bakar dkk., 2024; Jacobsen dkk., 2022; Osti dkk., 2021)	Keterbatasan aksesibilitas terhadap fasilitas VR, khususnya di negara berkembang	(Ahmed, 2020; Oke dkk., 2023; Tan dkk., 2022)
Keberlanjutan	Pengurangan limbah material dan efisiensi energi dalam proyek konstruksi	(Leong dkk., 2024; Potseluyko dkk., 2023; Vijayalakshmi dkk., 2023; Yu dkk., 2024)	Biaya awal tinggi untuk solusi VR berkelanjutan	(Jacobsen dkk., 2022; Moore & Gheisari, 2019; Tan dkk., 2022; Veble dkk., 2024)
	Dukungan untuk praktik konstruksi ramah lingkungan	(Leong dkk., 2024; Lopez dkk., 2022b; Yu dkk., 2024)	Tantangan teknis dalam mensimulasikan kondisi lingkungan yang realistis	(Abbas dkk., 2019; Tan dkk., 2022; Veble dkk., 2024; Ventura dkk., 2022)

Pada Tabel diatas menunjukkan bahwa Teknologi VR semakin memperkuat potensinya dalam merevolusi industri konstruksi. Salah satu manfaat utama VR adalah kemampuan untuk memberikan visualisasi yang lebih baik, memungkinkan pemangku kepentingan memahami desain secara lebih mendalam dan meminimalkan kesalahan yang berpotensi mahal (Abbas dkk., 2019). Simulasi interaktif yang disediakan VR juga mendukung keterlibatan klien, mempermudah evaluasi desain sebelum fase konstruksi dimulai (Bakar dkk., 2024). Selain itu, teknologi ini telah terbukti meningkatkan efisiensi perencanaan proyek, dengan memberikan solusi berbasis data yang mendukung pengambilan keputusan (Ahmed, 2020). Namun, penerapannya menghadapi beberapa hambatan, seperti biaya investasi awal yang tinggi (Moore & Gheisari, 2019) dan keterbatasan akurasi simulasi kondisi nyata (Veble dkk., 2024), yang sering kali menjadi tantangan utama bagi perusahaan kecil dan menengah.

Dalam hal kolaborasi, VR membantu menjembatani komunikasi antara pemangku kepentingan dengan menyediakan platform simulasi yang dapat diakses bersama (Ramaji dkk., 2021). Teknologi ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tim proyek (Jacobsen dkk., 2022), tetapi juga mendukung pelatihan pekerja konstruksi dengan simulasi yang aman untuk skenario berbahaya (Osti dkk., 2021). Misalnya, VR memungkinkan pekerja mempelajari cara menangani situasi darurat tanpa risiko nyata, sehingga meningkatkan keselamatan di lokasi kerja (Ventura dkk., 2022). Meskipun demikian, keterbatasan infrastruktur dan ketergantungan pada perangkat fisik yang mahal membatasi adopsi teknologi ini, terutama di negara berkembang (Ahmed, 2020; Lopez dkk., 2022b).

Keberlanjutan menjadi salah satu aspek penting yang didukung oleh VR dalam konstruksi. Teknologi ini membantu mengurangi limbah material melalui perencanaan yang lebih presisi (Leong dkk., 2024) dan memungkinkan pengujian efisiensi

energi bangunan sebelum implementasi (Vijayalakshmi dkk., 2023). Hal ini sejalan dengan tren konstruksi ramah lingkungan yang semakin menjadi prioritas global (Yu dkk., 2024). Namun, tantangan tetap ada, terutama terkait biaya tinggi untuk solusi VR berkelanjutan (Tan dkk., 2022) dan kendala teknis dalam mensimulasikan kondisi lingkungan yang realistis (Veble dkk., 2024).

Berbagai studi telah menyoroti manfaat dan tantangan teknologi VR. Abbas dkk. (2019) menekankan efektivitas VR dalam meningkatkan komunikasi proyek melalui simulasi imersif, sementara Ahmed (2020) menunjukkan bahwa integrasi VR dengan BIM mampu mempercepat proses perencanaan. VR juga menjadi hal penting dalam pelatihan pekerja, menciptakan lingkungan belajar yang aman dan efektif (Osti dkk., 2021). Meskipun tantangan teknis dan biaya tetap menjadi hambatan utama, teknologi VR terus berkembang sebagai alat yang mampu memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan keberlanjutan dalam industri konstruksi. Dengan potensi besar ini, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi cara mengatasi hambatan dan memaksimalkan penerapan VR dalam skala yang lebih luas.

### Diskusi

Analisis bibliometrik menunjukkan bahwa penelitian terkait VR dalam konstruksi telah mengalami pertumbuhan signifikan dalam lima tahun terakhir, terutama di negara-negara maju seperti Tiongkok, Amerika Serikat, dan Inggris. Distribusi kata kunci yang dihasilkan melalui perangkat lunak VOSviewer menunjukkan tiga kluster utama. Kluster pertama berfokus pada perencanaan arsitektur dan pengelolaan proyek, mencakup kata kunci seperti "*construction*" "*architectural design*" dan "*BIM*." Kluster kedua menyoroti peran VR dalam visualisasi tiga dimensi dengan kata kunci seperti "*3D modelling*", "*VR technology*," dan "*computer-aided design*". Kluster ketiga berfokus pada keselamatan kerja dan pendidikan, termasuk kata kunci "*construction safety*" dan "*e-learning*", yang

mengindikasikan penggunaan VR dalam pelatihan simulasi berbasis keselamatan.

Dalam konteks visualisasi kepadatan, kata kunci "Virtual Reality" memiliki intensitas tertinggi, menegaskan perannya sebagai elemen kunci dalam penelitian. Kata kunci seperti "architectural design" dan "BIM" juga menunjukkan relevansi tinggi, meskipun dengan kepadatan lebih rendah. Di sisi lain, penelitian di Indonesia terkait VR dalam konstruksi masih sangat sedikit, dengan hanya dua artikel yang teridentifikasi dalam analisis bibliometrik. Keterbatasan ini mencerminkan minimnya kontribusi lokal terhadap pengembangan teknologi ini di sektor konstruksi.

Selain analisis bibliometrik, penelitian ini juga mengidentifikasi manfaat utama dari penggunaan VR, termasuk peningkatan visualisasi desain, efisiensi dalam pengambilan keputusan, dan kontribusi terhadap keberlanjutan. Namun, tantangan besar masih dihadapi, terutama di Indonesia, seperti tingginya biaya investasi, keterbatasan infrastruktur, dan resistensi terhadap perubahan. Adopsi VR di negara ini memerlukan strategi kolaboratif untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut, termasuk pemberian insentif finansial, pelatihan tenaga kerja, dan peningkatan aksesibilitas teknologi.

## Kesimpulan

Teknologi VR menawarkan potensi besar untuk merevolusi industri konstruksi dengan berbagai manfaat, termasuk visualisasi yang lebih baik, efisiensi perencanaan, pelatihan berbasis simulasi, dan keberlanjutan. Namun, adopsinya di Indonesia masih terhambat oleh minimnya penelitian, biaya investasi yang tinggi, dan infrastruktur yang terbatas. Analisis bibliometrik menunjukkan bahwa penelitian terkait VR dalam konstruksi didominasi oleh negara-negara maju, sementara kontribusi dari Indonesia masih sangat kecil.

Untuk memaksimalkan potensi VR di Indonesia, diperlukan strategi yang melibatkan kolaborasi antara akademisi, pelaku industri, dan pembuat kebijakan. Dengan mengatasi

hambatan teknis dan ekonomis, VR dapat menjadi solusi penting dalam meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan keberlanjutan di sektor konstruksi. Penelitian lebih lanjut sangat diperlukan untuk mengeksplorasi cara-cara inovatif dalam memanfaatkan teknologi ini di tingkat lokal dan nasional.

## Daftar Pustaka

- Abbas, A., Choi, M., Seo, J., Cha, S. H., & Li, H. (2019). Effectiveness of Immersive Virtual Reality-based Communication for Construction Projects. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(12), 4972–4983. <https://doi.org/10.1007/s12205-019-0898-0>
- Abma, V., Farhana, A., & Rachmawati, S. (2024). Cash flow simulation planning based on building information modeling for construction projects. *AIP Conference Proceedings*, 3114(1). <https://doi.org/10.1063/5.0202242>
- Ahmed, K. G. (2020). Integrating VR-Enabled BIM in building design studios, architectural engineering program, UAEU: A pilot study. *2020 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET 2020*. <https://doi.org/10.1109/ASET48392.2020.9118308>
- Bakar, F. A., Cheung, C. M., Kaltungo, A. Y., Mohandes, S. R., & Lou, E. (2024). KEY ORGANISATIONAL ATTRIBUTES FOR DEVELOPING A MATURITY MODEL: ADOPTING IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION SAFETY TRAINING. *Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2024 - Proceedings of the 40th Annual Conference*, 269–278.
- Bashabsheh, A. K., Alzoubi, H. H., & Ali, M. Z. (2019). The application of virtual reality technology in architectural pedagogy for building constructions. *Alexandria Engineering Journal*, 58(2), 713–723. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.06.002>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- HONG, J., Akotia, J., & Charles, E. (2024). Virtual reality in construction activities: barriers for adoption in China. *Construction Economics and Building*, 24(1/2). <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v24i1/2.8784>

- Jacobsen, E. L., Solberg, A., Golovina, O., & Teizer, J. (2022). Active personalized construction safety training using run-time data collection in physical and virtual reality work environments. *Construction Innovation*, 22(3), 531–553. <https://doi.org/10.1108/CI-06-2021-0113>
- Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Leong, W. Y., Leong, Y. Z., & Leong, W. S. (2024). Virtual Reality In Green Construction. *2024 9th International Conference on Applying New Technology in Green Buildings, ATiGB 2024*, 449–454. <https://doi.org/10.1109/ATiGB63471.2024.10717757>
- Lopez, J., Bhandari, S., & Hallowell, M. R. (2022a). Virtual Reality and Construction Industry: Review of Current State-of-Practice and Future Applications. Dalam *Construction Research Congress 2022* (hlm. 174–184). <https://doi.org/10.1061/9780784483961.019>
- Lopez, J., Bhandari, S., & Hallowell, M. R. (2022b). *Virtual Reality and Construction Industry: Review of Current State-of-Practice and Future Application*.
- Moore, H. F., & Gheisari, M. (2019). A Review of Virtual and Mixed Reality Applications in Construction Safety Literature. *Safety*, 5(3), 51. <https://doi.org/10.3390/safety5030051>
- Oke, A. E., Kineber, A. F., Elshaboury, N., Ekundayo, D., & Bello, S. A. (2023). Exploring the Benefits of Virtual Reality Adoption for Successful Construction in a Developing Economy. *Buildings*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/buildings13071665>
- Orihuela, P., Noel, M., Pacheco, S., Orihuela, J., Yaya5, C., & Aguilar, R. (2019). *Application of Virtual and Augmented Reality Techniques During Design and Construction Process of Building Projects*. 1105–1116. <https://doi.org/10.24928/2019/0220>
- Osti, F., de Amicis, R., Sanchez, C. A., Tilt, A. B., Prather, E., & Liverani, A. (2021). A VR training system for learning and skills development for construction workers. *Virtual Reality*, 25(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00470-6>
- Perianes-Rodriguez, A., Waltman, L., & van Eck, N. J. (2016). Constructing bibliometric networks: A comparison between full and fractional counting. *Journal of Informetrics*, 10(4), 1178–1195. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2016.10.006>
- Potseluyko, L., Rahimian, F. P., Dawood, N., & Elghaish, F. (2023). Platform Based Design and Immersive Technologies for Manufacturing and Assembly in Offsite Construction: Applying Extended Reality and Game Applications to PdFMA. Dalam *Platform Based Design and Immersive Technologies for Manufacturing and Assembly in Offsite Construction: Applying Extended Reality and Game Applications to PdFMA*. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-32993-7>
- Quan, T. N. A. (2019). Exchange information enhancement in execution method by using virtual reality. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(5/W2), 71–75. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-W2-71-2019>
- Ramadhani, F., & Abma, V. (2023). Implementasi konsep bim pada tahap pelaksanaan dengan CDE-. *Civil Engineering, Environment, Disaster, and Risk Management Symposium (CEEDRIMS)*, 269–280.
- Ramaji, I., Anderson, A., Cates, S., Tetreault, J., Fleming, A., Pugsley, K., & Mendela, K. (2021). Application of Vision-Based Artificial Intelligence in Creating a Contactless Interaction with Immersive Environments. *Computing in Civil Engineering 2021 - Selected Papers from the ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering 2021*, 1351–1358. <https://doi.org/10.1061/9780784483893.165>
- RIVERA, F. M.-L., MORA-SERRANO, J., & OÑATE, E. (2021). *VIRTUAL REALITY STORIES FOR CONSTRUCTION TRAINING SCENARIOS: THE CASE OF SOCIAL DISTANCING AT THE CONSTRUCTION SITE*. 37–47. <https://doi.org/10.2495/BIM210041>
- Sepasgozar, S., Khan, A., Smith, K., Romero, J., Shen, X., Shirowzhan, S., Li, H., & Tahmasebinia, F. (2023). BIM and Digital Twin for Developing Convergence Technologies as Future of Digital Construction. *Buildings*, 13(2), 441. <https://doi.org/10.3390/buildings13020441>
- Tan, Y., Xu, W., Li, S., & Chen, K. (2022). Augmented and Virtual Reality (AR/VR) for Education and Training in the AEC Industry: A Systematic Review of Research and Applications. *Buildings*, 12(10), 1529. <https://doi.org/10.3390/buildings12101529>
- Veble, G., Bernik, A., & Čep, A. (2024). Swot Analysis of Virtual Reality Application in Architecture and Construction. *Journal of*

- Computer Science*, 20(10), 1231–1242.  
<https://doi.org/10.3844/jcssp.2024.1231.1242>
- Ventura, S. M., Castronovo, F., Nikolić, D., & Ciribini, A. L. C. (2022). IMPLEMENTATION OF VIRTUAL REALITY IN CONSTRUCTION EDUCATION: A CONTENT-ANALYSIS BASED LITERATURE REVIEW. *Journal of Information Technology in Construction*, 27, 705–731.  
<https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.035>
- Vijayalakshmi, R., Suryadatta, P., & Rishidhar, M. S. R. (2023). Architectural Visualisation using Virtual Reality. *Proceedings of the 8th International Conference on Communication and Electronics Systems, ICCES 2023*, 1609–1615.  
<https://doi.org/10.1109/ICCES57224.2023.10192818>
- Yu, D., Chen, W., Meng, T., Yu, H., & Mahamadu, A.-M. (2024). APPLICATIONS OF IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION COMPUTING: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *Proceedings of the European Conference on Computing in Construction, 2024*, 999–1006.  
<https://doi.org/10.35490/EC3.2024.230>
- Zhao, X., Zheng, Y., & Zhao, X. (2023). Global bibliometric analysis of conceptual metaphor research over the recent two decades. *Frontiers in Psychology*, 14.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1042121>

## Identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kinerja sistem drainase perkotaan

Muhamad Arifin<sup>1,\*</sup>, Setya Winarno<sup>1</sup>, Sri Kusumadewi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Doktor Teknik Sipil, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Informatika, FTI, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

### Article Info

Available online

### Keywords:

Faktor/kriteria  
Kinerja  
Sistem Drainase

### Abstract

Many urban areas in Indonesia still have problems in managing urban drainage systems. These problems include problems from both technical and non-technical aspects. Currently, the assessment of drainage performance success indicators is only based on technical factors/calculations, while in reality the performance of drainage channels is influenced by many factors including non-technical factors, this paper aims to identify factors that influence drainage channel performance in order to formulate more effective policies in urban drainage planning and management. This study uses a quantitative method by collecting data directly from respondents. The selection of respondents is determined from agencies related to policy makers/authorities for organizing infrastructure including urban drainage and also from practitioners and academics who are experienced in the field. The analysis is carried out by weighting the existing criteria and analyzed using the Consensus Method. The results of the analysis of the 17 existing criteria using the ratio test analysis ( $w/w_{max} > 0.1$ ), the results obtained were that 7 criteria would be eliminated because the  $w/w_{max}$  ratio  $< 0.1$ , leaving 10 criteria that were worthy of consideration.

### Corresponding Author:

Muhamad Arifin  
[24934002@students.uii.ac.id](mailto:24934002@students.uii.ac.id)

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

### Pendahuluan

Pertumbuhan jumlah penduduk dan tingkat urbanisasi yang tinggi di daerah perkotaan sering kali menyebabkan peningkatan kebutuhan terhadap infrastruktur drainase perkotaan. Proses pembangunan yang cepat, tanpa diimbangi dengan perencanaan drainase yang baik, akan berpengaruh terhadap sistem drainase yang tidak dapat mengakomodasi volume air hujan yang besar karena perubahan dari fungsi lahan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya genangan air, banjir, bahkan kerusakan infrastruktur (Bibi, Kara, et al., 2023). Dampak dari peningkatan laju urbanisasi yang tinggi menyebabkan perubahan persentase kedap air dari kondisi penggunaan lahan di kawasan perkotaan sehingga berpengaruh terhadap limpasan air hujan yang pada akhirnya berdampak pada sistem drainase yang sudah ada (Bibi,

Reddythta, et al., 2023). Perubahan iklim dan pembangunan kawasan perkotaan yang pesat juga menjadi penyebab terjadinya peningkatan banjir di kawasan perkotaan, yang akan berdampak terhadap kerugian ekonomi dan gangguan sosial yang berkelanjutan (Xu et al., 2024).

Kinerja saluran drainase dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik yang bersifat teknis maupun non-teknis. Faktor-faktor teknis meliputi kapasitas saluran, desain sistem drainase, kualitas material yang digunakan, serta frekuensi dan kualitas pemeliharaan. Selain itu, faktor eksternal seperti perubahan pola curah hujan akibat perubahan iklim dan pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin pesat juga berkontribusi terhadap peningkatan beban pada sistem drainase perkotaan (Binesh et al., 2016).

Di sisi lain, banyak daerah perkotaan di Indonesia masih menghadapi permasalahan, diantaranya dalam hal operasi dan pemeliharaan drainase, termasuk kurangnya koordinasi antar instansi yang berwenang, keterbatasan anggaran untuk perbaikan, serta kurangnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya pemeliharaan sistem drainase. Kebijakan lintas yurisdiksi dan lintas sektoral sangat berpengaruh terhadap tatakelola kota termasuk tatakelola sumberdaya air, semakin baik koordinasi antar instansi dan lintas sektoral akan berpengaruh terhadap pengelolaan infrastruktur yang ada termasuk sistem drainase di wilayah tersebut (van Leeuwen et al., 2019).

Sistem drainase perkotaan pada umumnya menggunakan jenis saluran terbuka dan jenis saluran tertutup. Drainase dengan system tertutup biasanya di gunakan di wilayah perkotaan atau kawasan padat, sedangkan untuk kawasan perdesaan biasanya menggunakan sistem drainase dengan jenis saluran terbuka. Saluran drainase dengan sistem terbuka memiliki beberapa kelebihan diantaranya biaya konstruksi lebih murah, lebih mudah dalam operasi dan pemeliharaan, tetapi dari sisi estetika kurang bagus. Contoh sistem drainase perkotaan dengan jenis saluran terbuka ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Sistem drainase perkotaan dengan jenis saluran tertutup

Drainase dengan sistem tertutup memiliki kelebihan dapat mengurangi resiko bahaya/kecelakaan, dan dari segi estetika lebih indah, namun dari sisi operasi dan

pemeliharaan lebih sulit. Contoh sistem drainase dengan jenis saluran tertutup ditunjukkan dalam Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Sistem drainase perkotaan dengan jenis saluran terbuka

Saat ini penilaian indikator kesuksesan kinerja drainase hanya didasarkan pada faktor/perhitungan-perhitungan teknis semata, seperti curah hujan, kapasitas penampang, kemiringan saluran, jenis bahan/material saluran, dan faktor-faktor teknis lainnya. Penentuan penanganan prioritas juga hanya didasarkan pada kejadian banjir dan dampak yang ditimbulkan, belum ada penilaian terhadap kinerja saluran drainase. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor/3/PRT/M/2013, 2014).

Pada kenyataannya kinerja saluran drainase dipengaruhi oleh banyak faktor selain dari faktor teknis diantaranya faktor ekonomi, sosial/budaya, lingkungan dan faktor lain. Selain itu juga diperlukan penilaian/evaluasi terhadap kinerja system drainase guna untuk mengantisipasi sebagai tindakan preventif agar tidak terjadi genangan/banjir dahulu baru dilakukan penanganan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kinerja saluran drainase guna merumuskan kebijakan yang lebih efektif dalam perencanaan dan pengelolaan sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan. Dengan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem drainase tersebut, diharapkan dapat ditemukan solusi untuk meningkatkan efektivitas saluran drainase perkotaan, mencegah terjadinya masalah genangan dan

banjir, serta mendukung pembangunan kota yang lebih berkelanjutan.

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan pengambilan data secara langsung kepada responden. Pemilihan responden ditentukan dari instansi yang berhubungan dengan pengambil kebijakan/kewenangan penyelenggaraan infrastruktur termasuk drainase perkotaan dan juga dari kalangan praktisi maupun akademisi yang berpengalaman di bidang tersebut.

### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data primer dilakukan dengan penyebaran kuisisioner terhadap sejumlah 30 responden di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya. Kuisisioner berisikan 17 faktor/kriteria dimana responden menilai tingkat pengaruh masing-masing faktor/kriteria tersebut menurut persepsi responden mulai dari sangat berpengaruh sampai dengan sangat tidak berpengaruh. Responden juga diminta memberikan rangking/skala prioritas terhadap 17 faktor/kriteria tersebut. Kuisisioner dibagikan secara langsung melalui google form yang telah dilengkapi dengan penjelasan mengenai maksud dan tujuan penelitian untuk meningkatkan tingkat respons serta memastikan pemahaman responden terhadap setiap pertanyaan yang diajukan.

### Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui peringkat dan tingkat pengaruh dari sejumlah faktor (kriteria-kriteria) yang sudah diidentifikasi menurut persepsi responden terhadap kinerja sistem drainase perkotaan. Analisis skala prioritas menggunakan pembobotan dengan Skala Likert pada masing-masing kriteria/faktor. Nilai skor pada masing-masing faktor/kriteria diberikan dengan mempertimbangkan faktor pengaruh dengan ketentuan 5 untuk skala sangat berpengaruh hingga 1 untuk skala paling tidak berpengaruh. Disamping itu metode yang digunakan untuk analisis dalam

penelitian ini adalah metode Konsensus. Metode konsensus merupakan teknik pendekatan dalam pengambilan keputusan dengan tujuan untuk mencapai kesepakatan bersama di antara semua anggota kelompok atau pemangku kepentingan/kebijakan. Teknik yang digunakan dalam Metode Konsensus lebih menekankan pada partisipasi aktif, dialog terbuka, dan penyelesaian permasalahan secara kesepakatan yang tidak menimbulkan konflik, sehingga keputusan yang diambil mencerminkan kehendak bersama/kolektif dan dapat diterima oleh semua pihak (Hatefi, 2019). Metode Konsensus juga sangat cocok di terapkan dalam penelitian ini karena responden yang merupakan pengambil keputusan bervariasi dan berjenjang (*multi-stakeholders*). Selain itu Metode Konsensus juga lebih tepat digunakan untuk permasalahan-permasalahan yang bersifat lebih kompleks dan strategis (Masrurroh, 2015). Dengan menentukan ambang batas uji rasio  $w/w_{\max} < 0,1$  diharapkan kriteria/faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kinerja system drainase perkotaan tidak tereliminasi.

Pembobotan dengan Skala Likert menggunakan rumus dalam Pers. (1) berikut :

$$S_T = \sum_{i=1}^n N \cdot F \quad (1)$$

Dengan :

$S_T$  : nilai skor total

$N$  : nilai pembobotan faktor/ kriteria

$F$  : frekuensi pemilihan (dari responden)

$n$  : jumlah faktor/kriteria yang dinilai

Analisis rasio terhadap faktor/kriteria dengan teknik berdasarkan ambang batas *indifference* yaitu sebuah metode untuk menetapkan bobot pada kriteria dalam pengambilan keputusan multi-kriteria yang didasarkan pada konsep *indifference threshold* atau konsep perbedaan ambang batas, dimana konsep tersebut termasuk dalam kelompok teknik/metode yang didasarkan pada pengukuran penyebaran data. Dalam penelitiannya metode ini dinilai jauh lebih baik daripada metode-metode lain yang

diterapkan di hampir semua kasus yang teliti (Hatefi, 2019).

Metode pelampauan atas ambang batas tinggi (*over-threshold analysis*), merupakan pendekatan yang sering digunakan dalam menentukan pemilihan berbagai faktor dengan menentukan ambang batas yang diinginkan. Model *Generalized Pareto Distribution* (GPD), digunakan untuk menggambarkan distribusi dari nilai-nilai yang melebihi ambang batas tertentu (Dupuis, 1998).

Agregasi penilaian bobot dilakukan dengan menggunakan rumus dalam Pers. (2) berikut :

$$S_j = \sum_{i=1}^n W_i \cdot X_{ij} \quad (2)$$

Dengan :

$S_j$  : skor agregat untuk alternatif j

$W_i$  : bobot faktor/ kriteria i

$X_{ij}$  : penilaian alternatif j untuk i

n : jumlah kriteria

Ambang batas untuk penetapan kriterian dinyatakan dalam Pers. (3) berikut :

$$\frac{W_i}{W_{max}} < 0,1 \quad (3)$$

Dengan :

$W_i$  : bobot untuk kriteria i

$W_{max}$  : bobot maksimum/terbesar diantara semua kriteria

Dengan ambang batas uji rasio 0,1 tersebut, jika hasil perhitungan ini kurang dari 0.1 (atau 10%), maka faktor/kriteria tersebut dapat dianggap tidak berpengaruh signifikan dan tidak digunakan dalam analisis selanjutnya.

### Langkah-langkah Penelitian

- 1) Tahap Persiapan: Melakukan studi literatur, menyusun kuesioner, dan menentukan populasi serta sampel.
- 2) Tahap Pengumpulan Data: Penyebaran kuesioner di lapangan kepada responden sesuai dengan kriteria responden yang sudah di tetapkan.

3) Tahap Pengolahan Data: Mengumpulkan dan melakukan pengolahan data untuk analisis lebih lanjut.

4) Tahap Analisis Data: Melakukan analisis statistik deskriptif dan inferensial untuk mengidentifikasi dan menentukan skala prioritas dari faktor/kriteria-kriteria yang memengaruhi terhadap kinerja system drainase perkotaan.

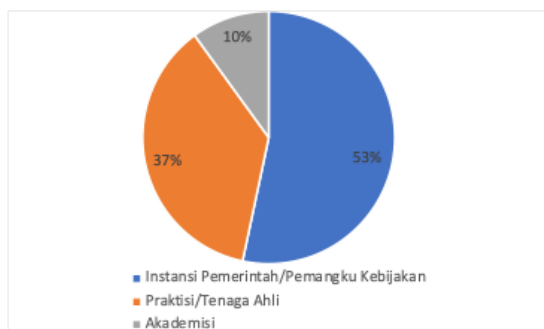
5) Tahap penyimpulan dan penyusunan rekomendasi: menyimpulkan hasil penelitian dan menyusun rekomendasi dari hasil analisis yang telah dilakukan terhadap faktor/kriteria-kriteria yang telah teridentifikasi tersebut.

Metode ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat pengaruh dari masing-masing faktor/kriteria terhadap kinerja sistem drainase perkotaan yang selama ini hanya didasarkan pada factor/kriteria teknis saja serta dapat memberikan rekomendasi yang dapat diimplementasikan oleh pihak-pihak terkait.

### Hasil Analisis dan Pembahasan

Kuisisioner dibuat dengan 17 faktor/ kriteria pertanyaan yang bertujuan untuk menggali informasi tingkat kepentingan masing-masing faktor/kriteria menurut responden. Kuisisioner ini ditujukan kepada beberapa kelompok responden yang merupakan pengambil keputusan/kebijakan di lingkungan instansi pemerintahan dan para pakar/praktisi serta akademisi yang sudah berpengalaman dalam perencanaan maupun pelaksanaan kegiatan yang berkaitan dengan sistem drainase perkotaan dengan total jumlah 30 responden.

Dari hasil penyebaran kuisisioner yang telah dilakukan ke responden, diperoleh data jumlah responden yang berasal dari instansi pemerintah sebesar 53%, responden yang berlatar belakang dari praktisi atau tenaga ahli 37% dan responden dari akademisi 10%. Prosentase sebaran kelompok responden tersebut dapat dilihat dalam Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Diagram kelompok responden

Hasil dari kuisioner ini kemudian dilakukan analisis untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai persepsi responden terhadap tingkat pengaruh masing-masing faktor/kriteria yang sudah diidentifikasi tersebut.

Hasil analisis persepsi responden terhadap 17 kriteria tersebut adalah sebagai berikut ini.

1) Pengaruh faktor kapasitas saluran terhadap kinerja saluran drainase

Dari hasil kuesioner menunjukkan bahwa mayoritas responden 80% memiliki persepsi bahwa kapasitas saluran sangat mempengaruhi kinerja saluran drainase, sedangkan 13,3% menjawab cukup berpengaruh dan sisanya 6,7% menjawab berpengaruh. Dalam faktor/kriteria ini tidak ada responden yang memiliki persepsi negative terhadap pengaruh kapasitas saluran.

2) Pengaruh faktor jenis saluran (terbuka/tertutup) terhadap kinerja saluran drainase

Persepsi responden terhadap faktor jenis saluran (saluran terbuka/saluran tertutup) menunjukkan bahwa 40% menjawab sangat berpengaruh, 40% cukup berpengaruh, 13,3% berpengaruh, sedangkan 3,3% menjawab kurang berpengaruh dan sisanya 3,3% menjawab sangat tidak berpengaruh.

3) Pengaruh faktor bahan/material saluran terhadap kinerja saluran drainase

Untuk faktor bahan dan material saluran jawaban responden 40% menjawab sangat penting/berpengaruh, 36,7% cukup

berpengaruh, 16,7% berpengaruh, sedangkan sisanya 6,7% menjawab kurang berpengaruh.

4) Pengaruh faktor bentuk saluran terhadap kinerja saluran drainase

Persepsi responden terhadap faktor bentuk saluran juga bervariasi yaitu 50% responden menjawab cukup berpengaruh, 26,7% sangat berpengaruh, 20% berpengaruh, dan sisanya 6,7% menjawab kurang berpengaruh.

5) Pengaruh faktor kondisi/kualitas saluran terhadap kinerja saluran drainase

Responden memiliki persepsi yang cukup bagus terhadap faktor kondisi/kualitas saluran, diantaranya mayoritas 70% menjawab sangat berpengaruh, 20% cukup berpengaruh, dan sisanya 10% menjawab berpengaruh.

6) Pengaruh faktor umur/usia infrastruktur terhadap kinerja saluran drainase

Sedangkan untuk faktor/kriteria umur (usia) infrastruktur jawaban responden 36,7% menjawab sangat berpengaruh, 30% berpengaruh, 26,7% cukup berpengaruh, dan 6,7% menjawab kurang berpengaruh.

7) Pengaruh faktor curah hujan terhadap kinerja saluran drainase

Untuk faktor curah hujan mayoritas responden 63,3% menjawab sangat berpengaruh, 30% menjawab cukup berpengaruh dan sisanya sebesar 6,7% menjawab berpengaruh.

8) Pengaruh luas daerah tangkapan air (*catchment area*) terhadap kinerja saluran drainase

Persepsi responden terhadap faktor/kriteria daerah tangkapan air mayoritas sebesar 66,7% menjawab sangat berpengaruh, sedangkan 30% menjawab cukup berpengaruh dan sisanya 3,3% menjawab berpengaruh.

9) Pengaruh kondisi topografi terhadap kinerja saluran drainase

Faktor kondisi topografi menurut responden 70% menjawab sangat berpengaruh, 26,7% menjawab cukup berpengaruh, sedangkan sisanya 3,3% menjawab berpengaruh.

10) Pengaruh faktor jenis tanah terhadap kinerja saluran drainase

Untuk faktor jenis tanah persepsi responden ada 4 kelompok jawaban 33,3% menjawab sangat berpengaruh, 30% cukup berpengaruh, 23,3% berpengaruh, dan sisanya 13,3% menjawab kurang berpengaruh.

11) Pengaruh faktor pola ruang/tataguna lahan terhadap kinerja saluran drainase perkotaan

Persepsi responden terhadap kriteria faktor pola ruang/tataguna lahan mayoritas sebesar 53,3% menjawab sangat berpengaruh, 36,7% cukup berpengaruh dan sisanya 10% menjawab berpengaruh.

12) Pengaruh faktor perubahan iklim dapat terhadap kinerja saluran drainase perkotaan

Persepsi responden terhadap kriteria faktor perubahan iklim bervariasi paling tinggi sebesar 43,3% menjawab cukup berpengaruh, 30% menjawab sangat berpengaruh, 23,3% menjawab berpengaruh, dan sisanya 3,3% menjawab kurang berpengaruh.

13) Pengaruh faktor kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat dapat terhadap kinerja saluran drainase perkotaan

Pengaruh faktor kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat dapat terhadap kinerja saluran drainase perkotaan menurut responden sebesar 43,3% menjawab sangat berpengaruh, 33,3% cukup berpengaruh, dan sisanya 23,3% menjawab berpengaruh.

14) Pengaruh faktor laju/tingkat urbanisasi dapat terhadap kinerja saluran drainase perkotaan

Jawaban responden terhadap pengaruh faktor laju/tingkat urbanisasi sebesar 36,7% menjawab sangat berpengaruh, 36,7% menjawab cukup berpengaruh, 20% menjawab berpengaruh, dan sisanya 6,7% menjawab kurang berpengaruh.

15) Pengaruh faktor perencanaan dan regulasi terhadap kinerja saluran drainase perkotaan

Persepsi responden terhadap faktor perencanaan dan regulasi sebesar 60% menjawab sangat berpengaruh, sedangkan 36,7% menjawab cukup berpengaruh, dan sisanya 3,3% menjawab berpengaruh.

16) Pengaruh faktor koordinasi antar instansi dapat terhadap kinerja saluran drainase perkotaan

Untuk faktor koordinasi antar instansi mayoritas responden sebesar 56,7% menjawab sangat berpengaruh, 36,7% menjawab cukup berpengaruh, dan sisanya 6,7% menjawab berpengaruh.

17) Pengaruh faktor biaya yang diperlukan terhadap kinerja saluran drainase perkotaan

Persepsi responden terhadap faktor biaya yang diperlukan mayoritas responden sebesar 56,7% menjawab sangat berpengaruh, sedangkan 36,7% menjawab cukup berpengaruh dan sisanya 6,7% menjawab berpengaruh.

Analisis penentuan skala prioritas dilakukan dengan menggunakan pembobotan skala likert, yaitu memberikan bobot pada masing-masing kriteria dengan besaran bobot antara 1 sampai dengan 5, dengan ketentuan 1 sangat tidak berpengaruh, 2 kurang berpengaruh, 3 berpengaruh, 4 cukup berpengaruh, dan 5 sangat berpengaruh.

Untuk memudahkan proses analisis, masing-masing faktor/kriteria di notasikan dalam kode sebagai berikut :

- C1 : kriteria/faktor kapasitas saluran
- C2 : kriteria/faktor jenis saluran (terbuka/tertutup)
- C3 : kriteria/faktor bahan/material saluran
- C4 : kriteria /aktor bentuk saluran
- C5 : kriteria/faktor kualitas/kondisi saluran
- C6 : kriteria/faktor umur/usia infrastruktur
- C7 : kriteria/faktor curah hujan
- C8 : kriteria faktor luas daerah tangkapan air (*catchment area*)
- C9 : kriteria /aktor kondisi topografi (kemiringan lahan)
- C10 : kriteria /faktor jenis tanah

- C11 : kriteria/faktor pola ruang/tataguna lahan
- C12 : kriteria/faktor perubahan iklim
- C13 : kriteria/faktor kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat
- C14 : kriteria/faktor laju/ tingkat urbanisasi
- C15 : kriteria/faktor perencanaan dan regulasi
- C16 : kriteria/faktor koordinasi antar instansi
- C17 : kriteria/faktor biaya yang diperlukan.

Hasil analisis pembobotan dengan menggunakan skala likert dapat dikelompokkan kedalam 3 kelompok besar yaitu faktor/kriteria kelompok skor tinggi, sedang, dan rendah. Faktor/ kriteria yang termasuk dalam kelompok skor tinggi (skor diatas 6,2%) diantaranya adalah faktor kapasitas saluran, faktor kondisi topografi, faktor luas daerah tangkapan air, faktor pemeliharaan infrastruktur, faktor curah hujan, dan faktor perencanaan dan regulasi.

Sedangkan faktor/kriteria yang termasuk dalam kelompok skor sedang (6,2% > skor > 5,5%) diantaranya faktor koordinasi antar instansi, faktor sumber dana, faktor pola ruang/tataguna lahan, faktor kondisi sosekbud, faktor jenis saluran, faktor bahan/material saluran, dan faktor laju/tingkat urbanisasi. Sisanya merupakan faktor yang termasuk dalam kelompok skor rendah (skor < 5,5%) yaitu faktor bentuk saluran, faktor perubahan iklim, faktor umur/usia infrastruktur, dan faktor jenis tanah.

Skor tertinggi menunjukkan bahwa faktor kapasitas saluran merupakan faktor yang paling penting menurut responden dengan total skor 142 atau 6,45%, sedangkan faktor jenis tanah merupakan faktor dengan nilai skor paling rendah menurut responden dengan total skor 114 atau 5,18%.

Hasil analisis dengan skala likert dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil analisis prioritas dengan menggunakan pembobotan Skala Likert

Kode	Faktor	Total Skor	Persentase Skor
C1	Faktor kapasitas saluran	142	6,45%
C9	Faktor kondisi topografi (kemiringan lahan)	140	6,36%
C8	Faktor luas daerah tangkapan air (catchment area)	139	6,32%
C5	Faktor kondisi/kualitas saluran drainase	138	6,27%
C7	Faktor curah hujan	137	6,22%
C15	Faktor perencanaan dan regulasi	137	6,22%
C16	Faktor koordinasi antar instansi	135	6,13%
C17	Faktor biaya yang diperlukan	135	6,13%
C11	Faktor pola ruang/ tataguna lahan	133	6,04%
C13	Faktor kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat	126	5,72%
C2	Faktor jenis saluran (terbuka/ tertutup)	123	5,59%
C3	Faktor bahan/material saluran	123	5,59%
C14	Faktor laju/tingkat urbanisasi	121	5,50%
C4	Faktor bentuk saluran	120	5,45%
C12	Faktor perubahan iklim	120	5,45%
C6	Faktor umur/usia infrastruktur	118	5,36%
C10	Faktor jenis tanah	114	5,18%

Dari nilai bobot yang diperoleh tersebut, dilakukan analisis nilai mean terhadap faktor-faktor/kriteria berdasarkan data yang diperoleh dari hasil kuisioner terhadap responden. Analisis mean merupakan metode statistik yang digunakan untuk menggambarkan rata-rata atau nilai tengah dari sebuah kumpulan data. Hasil analisis nilai mean menunjukkan bahwa faktor kapasitas saluran merupakan kriteria yang paling berpengaruh dengan nilai mean tertinggi 4,73 sehingga hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas saluran merupakan faktor yang paling dipertimbangkan dalam evaluasi kinerja system drainase perkotaan.

Faktor yang terkait dengan kondisi fisik dan alam, seperti curah hujan (4,57), luas daerah tangkapan air (4,63), kondisi topografi (4,67), dan jenis saluran (4,10), memiliki nilai mean yang relatif tinggi. Ini menunjukkan bahwa faktor alam dan kondisi infrastruktur sangat mempengaruhi keputusan atau kebijakan yang berkaitan dengan pengelolaan system drainase.

Faktor kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat (4,20), serta faktor laju urbanisasi (4,03), memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan faktor fisik dan alam, namun tetap menunjukkan pengaruh yang cukup signifikan terhadap analisis ini. Ini menunjukkan bahwa aspek sosial dan ekonomi juga memainkan peran penting dalam perencanaan dan pengelolaan infrastruktur sistem drainase perkotaan.

Faktor/kriteria yang berkaitan dengan pengelolaan atau manajemen memperoleh skor yang cukup tinggi, seperti kondisi/kualitas saluran (4,60), perencanaan dan regulasi (4,57), serta koordinasi antar instansi (4,50), hal ini menunjukkan bahwa aspek perencanaan dan koordinasi antar pihak sangat penting dalam pengelolaan dan pembangunan infrastruktur sistem drainase perkotaan.

Faktor/kriteria dengan nilai mean lebih rendah, seperti umur/usia infrastruktur (3,93) dan jenis tanah (3,80), menunjukkan bahwa faktor-faktor ini mungkin tidak terlalu

dianggap krusial atau memerlukan perhatian khusus dalam konteks system drainase perkotaan. Meskipun demikian, aspek tersebut tetap memiliki pengaruh dan dapat dipertimbangkan dalam perencanaan dan pemeliharaan jangka panjang. Hasil analisis nilai mean secara lebih rinci dapat dilihat dalam tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Nilai mean faktor/kriteria yang berpengaruh terhadap sistem drainase perkotaan

Kode	Faktor/Kriteria	Mean
C1	Kapasitas saluran	4,73
C2	Jenis saluran (terbuka/ tertutup)	4,10
C3	Bahan/material saluran	4,10
C4	Bentuk saluran	4,00
C5	Kondisi/kualitas saluran	4,60
C6	Umur/usia infrastruktur	3,93
C7	Curah hujan	4,57
C8	Luas daerah tangkapan air (catchment area)	4,63
C9	Kondisi topografi (kemiringan lahan)	4,67
C10	Jenis tanah	3,80
C11	Pola ruang/tataguna lahan	4,43
C12	Perubahan iklim	4,00
C13	Kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat	4,20
C14	Laju/ tingkat urbanisasi	4,03
C15	Perencanaan dan regulasi	4,57
C16	Koordinasi antar instansi	4,50
C17	Biaya yang diperlukan	4,50

Analisis selanjutnya dengan menggunakan Metode Konsensus. Responden di minta memberikan peringkat terhadap 17 faktor/kriteria tersebut menurut persepsi mereka. Masing-masing responden juga di berikan bobot sesuai dengan posisi/pengaruh jabatan ataupun pengalaman mereka, dengan memberikan nilai bobot 3 untuk responden yang memiliki berpengaruh/ berpengalaman tinggi, nilai bobot 2 untuk responden yang berpengalaman sedang, dan bobot 1 untuk responden yang berpengalaman kecil/rendah. Hasil analisis dengan Metode Konsensus disajikan dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil analisis pembobotan ambang batas uji rasio

No.	Kode Atribut/Faktor	Ranking Konsensus	Bobot	Normalisasi Bobot (w)	Uji Rasio ( $w/w_{max} > 0.1$ )	
					Rasio	Hasil Uji
1	C1	1	1,000	0,291	1,000	digunakan
2	C2	2	0,500	0,145	0,500	digunakan
3	C3	3	0,333	0,097	0,333	digunakan
4	C4	13	0,077	0,022	0,077	tidak
5	C5	10	0,100	0,029	0,100	digunakan
6	C6	17	0,059	0,017	0,059	tidak
7	C7	9	0,111	0,032	0,111	digunakan
8	C8	4	0,250	0,073	0,250	digunakan
9	C9	5	0,200	0,058	0,200	digunakan
10	C10	12	0,083	0,024	0,083	tidak
11	C11	11	0,091	0,026	0,091	tidak
12	C12	6	0,167	0,048	0,167	digunakan
13	C13	15	0,067	0,019	0,067	tidak
14	C14	14	0,071	0,021	0,071	tidak
15	C15	7	0,143	0,042	0,143	digunakan
16	C16	16	0,063	0,018	0,063	tidak
17	C17	8	0,125	0,036	0,125	digunakan

Analisis dengan menggunakan Metode Konsensus dalam Tabel 2 di atas menunjukkan evaluasi terhadap setiap factor/kriteria dengan menggunakan metode pembobotan yang dinormalisasi. Proses ini bertujuan untuk menentukan atribut yang relevan digunakan dalam analisis berdasarkan kriteria rasio  $w/w_{max} > 0,1$ . Atribut yang memenuhi kriteria  $w/w_{max} > 0,1$  dianggap signifikan dan relevan untuk digunakan dalam analisis tahap selanjutnya, sedangkan yang tidak memenuhi kriteria tersebut akan tereliminasi. Hasil dari analisis faktor/kriteria tersebut adalah sebagai berikut ini.

**Faktor/kriteria yang digunakan**

Hasil analisis dengan Metode Konsensus sesuai dengan peringkat menunjukkan faktor/kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Kapasitas saluran (C1), memiliki bobot tertinggi dengan nilai rasio  $w/w_{max}$  1,00

dan bobot normalisasi sebesar 0,291. Hal ini menunjukkan bahwa faktor/kriteria ini menjadi prioritas utama dalam analisis karena kontribusinya yang sangat dominan dan tingkat kepentingannya yang paling tinggi di antara seluruh faktor/kriteria yang lain.

2. Jenis saluran (C2), dengan bobot normalisasi 0,145 dan rasio  $w/w_{max}$  0,500 memiliki peran penting kedua setelah C1 dalam proses analisis.
3. Bahan/material saluran (C3), dengan bobot normalisasi 0,097 dan rasio  $w/w_{max}$  0,333 menunjukkan bahwa faktor/kriteria ini termasuk dalam kategori relevan untuk digunakan.
4. Luas daerah tangkapan air (*catchment area*) (C8), dengan bobot normalisasi 0,073, dengan rasio  $w/w_{max}$  0,250 menunjukkan salah satu faktor yang cukup penting yang digunakan.
5. Kondisi topografi (kemiringan lahan) (C9), dengan bobot normalisasi 0,058,

- dengan rasio  $w/w_{max}$  0,200 faktor/kriteria ini relevan dan berkontribusi dalam analisis.
6. Perubahan iklim (C12), dengan bobot normalisasi 0,058, dengan rasio  $w/w_{max}$  0,200 maka faktor/kriteria ini juga termasuk yang relevan dan berkontribusi dalam analisis.
  7. Perencanaan dan regulasi (C15), dengan bobot normalisasi 0,042 dan rasio  $w/w_{max}$  0,143, faktor/kriteria ini memiliki tingkat kepentingan yang cukup tinggi.
  8. Biaya yang diperlukan (C17), dengan bobot normalisasi 0,036 dan rasio  $w/w_{max}$  0,125, faktor/kriteria ini termasuk yang layak digunakan dalam analisis.
  9. Curah hujan (C7), dengan bobot normalisasi 0,032 dan rasio  $w/w_{max}$  0,111, maka faktor/kriteria ini menunjukkan signifikansi yang cukup tinggi dan layak dipertahankan dalam analisis.
  10. Kondisi/kualitas saluran (C5), dengan bobot normalisasi 0,029 dan rasio  $w/w_{max}$  0,100, meskipun bobotnya lebih kecil, atribut ini masih memenuhi kriteria dan digunakan dalam analisis.

#### **Faktor/kriteria yang tidak digunakan**

Faktor/kriteria yang tidak digunakan dari hasil analisis ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pola ruang/tataguna lahan (C11), dengan bobot normalisasi 0,026 dan rasio  $w/w_{max}$  0,091, tidak memenuhi ambang batas sebagai kriteria yang berpengaruh menurut responden.
2. Jenis tanah (C10), dengan nilai bobot normalisasi 0,024, dan rasio  $w/w_{max}$  0,083, faktor/kriteria ini dianggap kurang relevan.
3. Bentuk saluran (C4), dengan nilai bobot normalisasi 0,022, dengan rasio  $w/w_{max}$  0,077, kriteria ini juga tidak memenuhi ambang batas.
4. Laju/tingkat urbanisasi (C14), dengan nilai bobot normalisasi 0,021 dan rasio  $w/w_{max}$  0,071, maka kriteria ini juga tidak diperhitungkan.
5. Kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat (C13), dengan nilai bobot normalisasi 0,019, dengan rasio  $w/w_{max}$  0,067, kriteria ini juga dianggap tidak signifikan.
6. Koordinasi antar instansi (C16), dengan nilai bobot normalisasi 0,018, dengan rasio  $w/w_{max}$  0,063, kriteria ini juga tidak memenuhi ambang batas untuk digunakan.
7. Umur/usia infrastruktur (C6), dengan nilai bobot normalisasi 0,017, dengan rasio  $w/w_{max}$  0,059, kriteria ini tidak masuk dalam kategori yang dipertimbangkan.

#### **Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan hasil analisis dalam studi ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut ini.

1. Hasil analisis prioritas dengan metode pembobotan menggunakan skala likert faktor kasasitas saluran menjadi faktor paling tinggi skornya dengan total skor 6,45% diikuti faktor kondisi topografi dengan skor 6,36%, dan posisi ke tiga faktor luas daerah tangkapan air (*catchment area*) dengan total skor 6,32%. Sedangkan yang menjadi faktor paling tidak penting yaitu jenis tanah dengan total skor 5,18%.
2. Analisis dengan menggunakan Metode Konsensus diperoleh hasil bahwa tidak semua faktor/kriteria yang diusulkan diterima sebagai faktor yang mempengaruhi pengambilan keputusan karena hasil rasio  $w/w_{max} < 0,1$ .
3. Ada 10 kriteria yang masih dipertahankan dan dianggap masih berpengaruh signifikan terhadap kinerja system drainase perkotaan. Dari sepuluh kriteria tersebut yang menjadi 3 prioritas utama berturut-turut adalah faktor kapasitas saluran dengan hasil uji rasio  $w/w_{max}$  sebesar 1,00, sedangkan peringkat berikutnya berturut-turut adalah faktor jenis saluran dengan uji rasio  $w/w_{max}$  0,5 dan faktor bahan/

material saluran dengan hasil uji rasio  $w/w_{\max}$  0,333.

### Daftar Pustaka

- Bibi, T. S., Kara, K. G., Bedada, H. J., & Bedada, R. D. (2023). Application of PCSWMM for assessing the impacts of urbanization and climate changes on the efficiency of stormwater drainage systems in managing urban flooding in Robe Town, Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 45, 101291. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101291>
- Bibi, T. S., Reddythta, D., & Kebebew, A. S. (2023). Assessment of the drainage systems performance in response to future scenarios and flood mitigation measures using stormwater management model. *City and Environment Interactions*, 19, 100111. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2023.100111>
- Binesh, N., Niksokhan, M. H., & Sarang, A. (2016). Performance assessment of urban drainage system (case study: district 10 of Tehran Municipality). *Computations and Materials in Civil Engineering*, 1(3), 133–141.
- Dupuis, D. J. (1998). Exceedances over high thresholds: a guide to threshold selection. *Extremes*, 1(3), 251–261.
- Hatefi, M. A. (2019). Indifference threshold-based attribute ratio analysis: a method for assigning the weights to the attributes in multiple attribute decision making. *Applied Soft Computing Journal*, 74, 643–651. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.10.050>
- Masruroh, N. A. (2015). Penentuan bobot kepentingan decision maker dalam group decision making. *Jurnal Teknosains*, 4(2), 101198. <https://doi.org/10.22146/teknosains.7965>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor/3/PRT/M/2013, Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia 1 (2014).
- van Leeuwen, K., Hofman, J., Driessen, P. P. J., & Frijns, J. (2019). The challenges of cater management and governance in cities. *Water (Switzerland)*, 11(6), 1–6. <https://doi.org/10.3390/w11061180>
- Xu, K., Zhang, X., Bin, L., & Shen, R. (2024). An improved global resilience assessment method for urban drainage systems: a case study of Haidian Island, South China. *Journal of Environmental Management*, 360, 121135. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121135>