

Evolusi Ilmiah Visualisasi Interaktif Untuk Eksplorasi Data Dinamis

¹Aep Saepuloh, ²Dadan Zaliluddin, ³Erlangga Kusdinar

^{1,2,3}Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Majalengka

Email: laepsaepullah99@gmail.com, dadanzuu@gmail.com,
erlanggakusdinar42@gmail.com

Corresponding Author: laepsaepullah99@gmail.com

Abstract

Using bibliometric methodology, this study examines the progress of scientific research on interactive visualization. The Data was obtained from the Google Scholar database through the Publish or Perish software, with a publication time span from 2013 to 2024. The VOSviewer software is used to analyze 1,000 documents to identify publication TRENDS, author collaboration, institutional dissemination, and visualization of frequently used keyword networks. The results of the analysis show that interactive visualization has improved in the last decade, especially in the fields of Computer Science, Education, and data science. Keywords that often appear include data visualization, user interaction, and visual analytics. In addition, it was found that a number of authors and institutions dominate publications that address this topic. These results provide an in-depth overview of the interactive visualization research map and open up opportunities for further research in the field of interactive data visualization, which is increasingly important in the era of big data and digital transformation.

Keywords : Interactive Visualization, Data Visualization, Information Systems, Visualization.

1. Pendahuluan

Visualisasi dalam bidang kesehatan memiliki akar sejarah yang kuat dan menunjukkan tren peningkatan dalam penggunaannya pada penelitian kesehatan populasi dan HSR (Abudiyab & Alanazi, 2022). Visualisasi dalam layanan kesehatan mencakup penyajian informasi secara efektif melalui grafik, gambar, dan video (Aflalo et al., 2022). Bidang layanan kesehatan menghasilkan volume data yang sangat besar, yang memerlukan teknik visualisasi agar lebih mudah dipahami serta dapat disajikan secara efisien (Aflalo et al., 2022). Literatur penelitian tentang literasi visualisasi memberikan panduan berharga serta membuka peluang untuk studi lebih lanjut di bidang ini (E. Y. Chen et al., 2013). Kami mengkategorikan penelitian yang relevan ke dalam kelompok subjek unik yang memfasilitasi perbandingan literatur terkait serta memberikan gambaran menyeluruh tentang bidang ini (E. Y. Chen et al., 2013). Portrayal mengekstrak indikator bahasa alami dari teks untuk menangkap proses karakterisasi, lalu memvisualisasikannya dalam antarmuka interaktif (Y. Chen & Wu, 2022). Temuan kami menunjukkan bahwa Portrayal membantu penulis dalam merevisi draf mereka serta menciptakan karakter dan adegan yang lebih dinamis. VL-InterpreT adalah alat yang tidak bergantung pada tugas tertentu (task-agnostic) dan terintegrasi, yang memiliki fitur melacak berbagai statistik di kepala perhatian di seluruh lapisan untuk komponen visi dan bahasa (Chishtie et al., 2019). Kami juga mempresentasikan beberapa temuan menarik tentang perilaku transformer multimodal yang diperoleh melalui alat kami (Chishtie et al., 2019). CancerMIRNome adalah database komprehensif yang

dikembangkan untuk analisis interaktif dan visualisasi profil ekspresi miRNA dalam kanker(Firat et al., 2022). Dengan fitur analisis data dan visualisasi interaktif, CancerMIRNome mempermudah eksplorasi sumber daya ini dan mendorong aplikasi translasi biomarker miRNA dalam kanker(Firat et al., 2022). TIMEDB menyimpan profil ekspresi yang telah dikurasi secara manual, profil komposisi jenis sel, serta informasi klinis yang terkait dari total 39.706 sampel(Fu & Stasko, 2022). TIMEDB juga dilengkapi dengan alat analisis otomatis dan visualisasi interaktif, sehingga dirancang sebagai alat yang praktis bagi komunitas penelitian dalam menyelidiki lingkungan mikro tumor manusia(Goddard et al., 2017). ShinySyn tidak hanya menyediakan visualisasi interaktif untuk makro-sinteni, mikro-sinteni, dan tampilan dot plot pada tingkat genom, tetapi juga menghadirkan representasi intuitif dengan fitur zoom dinamis(Heberle et al., 2023). ShinySyn dirancang sebagai solusi grafis yang mudah digunakan untuk analisis sinteni, berbasis pipeline MCscan(Heberle et al., 2023). Tantangan untuk visualisasi data simulasi skala besar, termasuk redundansi data simulasi paralel, ukuran data yang masif, interaksi pengguna yang dinamis, dan portabilitas(Hoque et al., 2023). Penulis ini ingin memanfaatkan data dan analitik untuk membuat cerita yang menarik dan berbasis data, namun mereka umumnya tidak memiliki latar belakang teknis untuk melakukan analisis atau menelusuri data secara efisien(Li et al., 2021). Hingga saat ini belum ada alat visualisasi berbasis web, baik komersial maupun nonkomersial, yang mampu membagikan gambar berukuran besar(Mosca et al., 2021). Penambahan interaksi pada visualisasi penalaran Bayesian statis tidak meningkatkan akurasi peserta dalam menyelesaikan tugas penalaran Bayesian(Namitha et al., 2021). Studi kasus menunjukkan bagaimana DODRIO memberikan wawasan mendalam dalam memahami mekanisme perhatian pada model berbasis transformer(Ondov et al., 2011). Beberapa teknik XAI menghitung skor atribusi yang terkait dengan token dalam string SMILES atau dengan atom dalam suatu molekul(Sriworarat et al., 2023). Skor yang dikaitkan dengan atom dapat dengan mudah direpresentasikan dalam diagram molekul, tetapi skor yang dihitung untuk token non-atom dalam SMILES tidak dapat langsung divisualisasikan(Sriworarat et al., 2023). Metode visualisasi interaktif memungkinkan eksplorasi berbagai aspek terkait, seperti banyaknya faktor risiko yang dapat dipelajari secara bersamaan(Abudiyab & Alanazi, 2022). PI2 adalah sistem pertama yang dapat menghasilkan antarmuka visualisasi interaktif yang sepenuhnya berfungsi dari urutan representatif kueri tugas(Sriworarat et al., 2023). Studi pengguna kami menunjukkan bahwa antarmuka yang dihasilkan oleh PI2 sebanding atau bahkan lebih baik daripada yang dirancang oleh pengembang(R.-X. Wang et al., 2020). Samui Browser adalah alat visualisasi gambar yang interaktif dan berkinerja tinggi yang sepenuhnya berjalan di peramban web(Li et al., 2021). Kerangka ini memungkinkan pengguna untuk secara interaktif mendefinisikan kueri dalam pembuatan ringkasan video yang ditargetkan(X. Wang et al., 2022). Hasil eksperimen menunjukkan efektivitas dan kegunaan pendekatan baru ini(R.-X. Wang et al., 2020). Penelitian ilmiah kelautan modern telah memasuki era big data(Y. Wang et al., 2021). Kami memperkenalkan struktur visualisasi interaktif berbasis komponen untuk data laut yang multi-dimensi dan spasio-temporal(Y. Wang et al., 2021).

Dari perkembangan tersebut serta permasalahan dan celah yang ada, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi sistem visualisasi interaktif yang mampu menangani data kompleks secara efisien, adaptif, dan intuitif dalam berbagai domain. Dengan pendekatan ini, sistem yang dibangun diharapkan dapat mendukung

eksplorasi data yang lebih mendalam, meningkatkan pemahaman terhadap data besar dan tidak terstruktur, serta mendorong literasi visualisasi interaktif bagi pengguna non-teknis maupun teknis.

Tabel 1. *State of the art* Interactive Visualization

Penulis & Tahun	Nomor Dokumen	Sumber	Temuan
Edward Y Chen, Christopher M Tan, Yan Kou, Qiaonan Duan, Zichen Wang, Gabriela Vaz Meirelles, Neil R Clark and Avi Ma'ayan, 2013	14:128	Springer	Enrichr adalah alat berbasis web analisis pengayaan intuitif yang mudah digunakan yang menyediakan berbagai jenis ringkasan visualisasi fungsi kolektif daftar gen.
Eric F. Pettersen, Thomas D. Goddard, Conrad C. Huang, Elaine C. Meng, Gregory S. Couch, Tristan I. Croll, JohnH. Morris, Thomas E. Ferrin, 2021	10.1002/pro.3943	Wiley Online Library	ChimeraX 1.0 menghadirkan peningkatan pada performa dan visualisasi dengan antarmuka grafis, menu, serta panel interaktif yang lebih intuitif. Pengembangan diarahkan pada integrasi analisis lanjutan, termasuk pemodelan cryoEM, dukungan VR, dan pengolahan citra medis 3D. Melalui Toolshed, pengguna juga dapat menambahkan modul interaktif baru, sehingga kapabilitas visualisasi dapat diperluas secara dinamis.
Thomas D. Goddard, Conrad C. Huang, Elaine C. Meng, Eric F. Pettersen, Gregory S. Couch, John H. Morris, and Thomas E. Ferrin, 2018	10.1002/pro.3235	Wiley Online Library	ChimeraX dikembangkan sebagai perangkat lunak generasi baru untuk visualisasi interaktif data molekul dan mikroskopi 3D. Perangkat ini menawarkan rendering berkualitas tinggi seperti ambient occlusion interaktif, representasi struktur sekunder dengan pita dan silinder melengkung, serta kemampuan memproses struktur berukuran besar secara efisien. Dukungan antarmuka hierarkis dan integrasi HTML interaktif melalui sistem jendela Qt memungkinkan manipulasi data yang lebih fleksibel dan pembuatan demo visualisasi secara mudah.
Ryan R. Wick, Mark B. Schultz, Justin Zobel and Kathryn E. Holt, 2015	10.1093	academic.oup.com	Dengan memvisualisasikan node dan edge, Bandage memberikan akses yang mudah dan cepat kepada pengguna ke informasi koneksi yang terkandung dalam grafik perakitan. Hal ini sangat berguna ketika rakitan berisi banyak contig pendek - seperti yang sering terjadi ketika merakit bacaan pendek - dan memungkinkan pengguna untuk memeriksa dan menilai grafik rakitan mereka dengan lebih detail daripada ketika melihat contig saja.

Penulis & Tahun	Nomor Dokumen	Sumber	Temuan
Brian D Ondov, Nicholas H Bergman and Adam M Phillippy, 2011	12:385	Springer	Krona merupakan alat visualisasi metagenomik berbasis HTML5 yang interaktif dan mudah diakses melalui browser. Fitur tampilannya memungkinkan interpretasi data lebih informatif, dengan keunggulan portabilitas dan integrasi ke berbagai paket analisis.

Sejauh ini, tampaknya tidak ada analisis bibliometric mengenai *Interactive Visualization*. Tujuan dari makalah ini adalah untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut :

1. Bagaimana klasifikasi artikel *Interactive Visualization*?
2. Bagaimana tren penelitian analisis *Interactive Visualization*?
3. Topik penelitian manakah yang lebih banyak dipublikasikan?
4. Apa saja topik analisis *Interactive Visualization* di masa depan yang bisa dijadikan bahan penelitian lebih lanjut?

Penyusunan artikel ini diawali dengan evaluasi literatur terhadap konsep *Interactive Visualization* berdasarkan temuan penyelidikan sebelumnya. Selain Di Bagian 1, Anda juga akan menemukan presentasi tentang tujuan penelitian. Pada Bagian 2, kita akan membahas definisi *Interactive Visualization* serta terkini pemeriksaan istilah *Interactive Visualization*. Metodologi yang digunakan untuk melaksanakan tahapan metodologi kajian bibliometrik terkait dengan pemanfaatan database dari beragam jurnal berbeda disajikan di Bagian 3. Di Bagian 4, hasilnya ditampilkan dengan bantuan Penampil VOS Viewer. Bagian 5 berisi gagasan penelitian, kesimpulan, dan batasan.

2. Landasan Teori

Visualisasi Data

Visualisasi data adalah proses mengubah data mentah menjadi gambar yang mudah dipahami. Tujuan utamanya adalah membantu pengguna menemukan pola, tren, dan anomali secara lebih cepat dan dengan cara yang lebih mudah dipahami. Visualisasi data menggunakan persepsi manusia untuk menyampaikan informasi yang kompleks dalam bentuk visual . Seiring dengan meningkatnya kebutuhan untuk mengeksplorasi data secara real-time, visualisasi data telah berkembang dari bentuk statis menjadi bentuk interaktif .

Visualisasi Interaktif

Visualisasi interaktif memungkinkan pengguna berinteraksi langsung dengan elemen visual seperti filter, zoom, perubahan data, dan memilih parameter tertentu(Y. Chen & Wu, 2022). Ini membuat pengguna lebih fleksibel untuk mempelajari data secara dinamis sesuai kebutuhan mereka. Visualisasi interaktif telah digunakan dalam bidang kesehatan, biologi molekuler, dan sinteni genom(Y. Wang et al., 2021). Portrayal digunakan untuk penulisan naratif, CancerMIRNome untuk analisis miRNA pada kanker, dan ShinySyn untuk visualisasi sinteni genom(Goddard et al., 2017).

Bibliometrik

Analisis bibliometrik adalah pendekatan kuantitatif yang digunakan untuk melihat literatur ilmiah dengan menggunakan metrik publikasi dan sitasi. Pendekatan ini membantu dalam menemukan tren, pola kolaborasi, dan kemajuan suatu bidang keilmuan. Dua teknik utama dalam analisis bibliometrik adalah mapping sains untuk menggambarkan hubungan konseptual antar dokumen, penulis, dan kata kunci.

Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya menunjukkan kontribusi signifikan dalam pengembangan visualisasi interaktif. Enrichr, yang diciptakan oleh Chen et al., adalah alat visualisasi berbasis web untuk analisis pengayaan gen (Z. J. Wang et al., 2021). ChimeraX, yang diciptakan oleh Pettersen et al., menawarkan lingkungan interaktif untuk visualisasi data pencitraan dan eksplorasi struktur molekul (Y. Wang et al., 2021). Krona, yang diciptakan oleh Ondov et al., menunjukkan manfaat visualisasi HTML5 untuk data metagenomik dalam antarmuka berbasis web (Xiao & Lam, 2022). Menurut penelitian ini, visualisasi interaktif telah menjadi komponen penting dalam membantu mengeksplorasi data besar dan kompleks.

3. Metode Penelitian

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis studi bibliometrik kuantitatif yang bertujuan untuk mempelajari tren, perkembangan, dan arah penelitian di bidang visualisasi interaktif. Metode ini memungkinkan peneliti melihat kontribusi ilmiah secara keseluruhan dan menemukan area penelitian yang masih dapat dieksplorasi.

Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

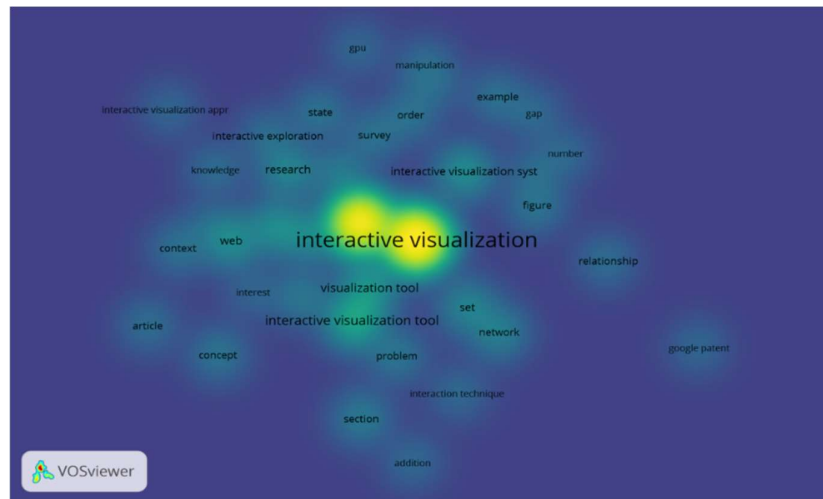
Aplikasi Publish or Perish (PoP), yang menggunakan database Google Scholar sebagai sumber pencarian, mengumpulkan data primer. Dalam proses ini, kata kunci "visualisasi interaktif" digunakan untuk judul, abstrak, dan kata kunci artikel. Dari proses tersebut, terkumpul sebanyak 1000 artikel ilmiah yang relevan untuk dianalisis lebih lanjut.

Visualisasi dan Interpretasi Data

Dengan menggunakan fitur VOSviewer, hasil divisualisasikan secara interaktif. Hasil diinterpretasikan berdasarkan kluster yang terbentuk dan kata kunci yang paling sering muncul, sehingga dapat ditarik kesimpulan tentang kecenderungan dan arah penelitian dalam topik visualisasi interaktif.

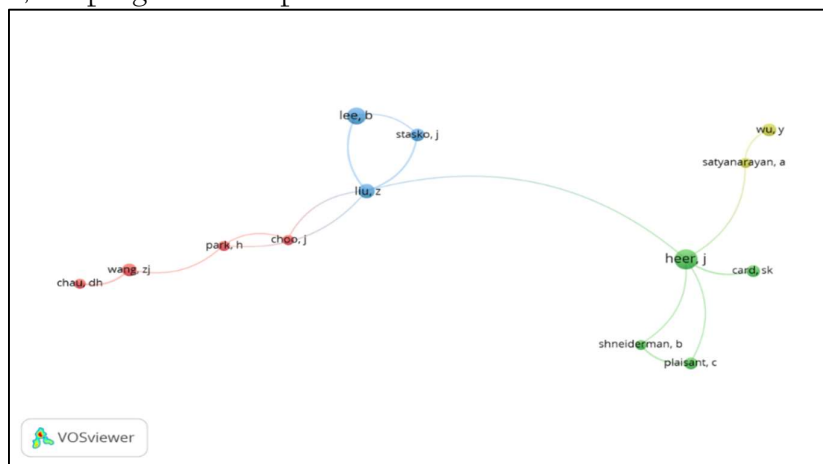
4. Hasil dan Pembahasan

Untuk mencapai tujuan pertama penelitian ini, yaitu menentukan cara mengkategorikan artikel pada *Interactive Visualization*, penulis menggunakan program VosViewer untuk membuat peta berdasarkan teks data dengan memanfaatkan judul dan bidang abstrak. Menggunakan pendekatan penghitungan biner, penulis menemukan total 4909 kata kunci. Ada 67 ambang batas yang ditemukan saat jumlah minimum kemunculan kata tersebut diatur ke 10. Di sisi lain, skor relevansi akan ditentukan masing-masing dari 40 frase secara individual. Berdasarkan skor ini, kata kunci yang paling relevan akan dipilih secara otomatis secara default hingga mencapai 60% dari Templat. Dokumen Anonim, di pada titik mana kita akan memiliki 67 kata yang paling tepat. Namun prosedur verifikasi tetap harus dilakukan dengan manual, dan



Gambar 2. Peta Visualisasi Kepadatan Kata Kunci

Gambar 2 ini merupakan hasil visualisasi bibliometrik dalam format density visualization yang dihasilkan menggunakan perangkat lunak VOSviewer, dengan fokus pada istilah “interactive visualization”. Visualisasi ini merepresentasikan intensitas kemunculan dan signifikansi semantik berbagai kata kunci dalam literatur akademik yang berkaitan dengan topik tersebut. Warna kuning menunjukkan kepadatan tinggi atau frekuensi kemunculan yang besar, sedangkan gradasi hijau hingga biru tua menandakan tingkat kepadatan yang lebih rendah. Istilah “interactive visualization” terletak pada pusat visualisasi dengan warna kuning terang, menandakan bahwa konsep ini merupakan tema dominan dan paling sering dibahas dalam publikasi akademik. Hal ini mengindikasikan bahwa visualisasi interaktif telah menjadi topik utama dalam berbagai disiplin, khususnya dalam konteks eksplorasi data, pengembangan sistem antarmuka, dan pengambilan keputusan berbasis informasi visual.



Gambar 3. Peta Visualisasi Jaringan Penulis

Gambar 3 ini merupakan visualisasi jaringan kolaborasi penulis (co-authorship network) yang dihasilkan menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Setiap simpul (node) merepresentasikan seorang penulis yang terlibat dalam publikasi ilmiah pada bidang yang terkait, dalam hal ini kemungkinan besar adalah interactive visualization berdasarkan konteks visualisasi sebelumnya. Garis penghubung antar simpul

menunjukkan hubungan kolaboratif yang tercipta melalui publikasi bersama. Warna simpul mengindikasikan keberadaan klaster atau komunitas penelitian yang terbentuk berdasarkan intensitas kolaborasi antar penulis. Penulis “heer, j” tampil sebagai simpul sentral dalam klaster berwarna hijau, menunjukkan bahwa ia merupakan figur penting dalam komunitas visualisasi interaktif dengan tingkat kolaborasi yang tinggi. Penulis ini terhubung dengan nama-nama terkemuka seperti “shneiderman, b”, “plaisant, c”, dan “card, sk”, yang merupakan tokoh otoritatif dalam bidang visualisasi informasi dan desain antarmuka. Simpul “liu, z” menempati posisi penting sebagai penghubung antara klaster biru dan hijau. Hal ini menunjukkan bahwa penulis tersebut berperan sebagai jembatan kolaboratif antara dua komunitas ilmiah yang memiliki fokus atau pendekatan riset yang mungkin berbeda namun saling melengkapi. Tabel 4 mungkin berisi lebih banyak informasi dilihat.

Tabel 3. Sepuluh Dokumen Teratas yang Dikutip dalam *Interactive Visualization*

Sitasi	Penulis dan Tahun	Judul
1464	Daniel H Huson, Daniel C Richter, Christian Rausch, Tobias Dezulian, Markus Franz and Regula Rupp, 2007	Dendroscope: An interactive viewer for large phylogenetic trees
1364	Ji Soo Yi, Youn ah Kang, John T. Stasko, Member, IEEE, and Julie A. Jacko, 2007	Toward a Deeper Understanding of the Role of Interaction in Information Visualization
1111	Jeffrey Heer, Stuart K. Card, James A. Landay, 2005	prefuse: A Toolkit for Interactive Information Visualization
1079	Fernanda B. Viégas, Martin Wattenberg, Frank van Ham, Jesse Kriss, Matt McKeon, 2007	Many Eyes: A Site for Visualization at Internet Scale
1052	Stefan Portmann and Hans Peter Luthia, 2000	MOLEKEL: An Interactive Molecular Graphics Tool
948	Matthew Brehmer and Tamara Munzner, Member, IEEE, 2013	A Multi-Level Typology of Abstract Visualization Tasks
814	John Stasko, Carsten Gorg, Zhicheng Liu, Kanupriya Singhal, 2007	Jigsaw: Supporting Investigative Analysis through Interactive Visualization
661	Alexander S. Rose, Anthony R. Bradley, Yana Valasatava, Jose M. Duarte, Andreas Prlić, Peter W. Rose, 2016	Web-based molecular graphics for large complexes
634	Alan M. Maceachren and Menno-Jan Kraak, 1997	Exploratory Cartographic Visualization: Advancing The Agenda
574	K. Al-Kodmany, 1999	Using visualization techniques for enhancing public participation in planning and design: process, implementation, and evaluation

Dari tahun 1997 hingga 2016, sebagian besar dokumentasi Interactive Visualization menyertakan kutipan langsung. Hanya jika penulis telah melakukan penelitian latar belakang yang ekstensif, Anda akan menemukan banyak kutipan di

dalamnya materi terkini. Kemudian, mari kita lihat Tabel 5 untuk mengetahui bidang studi mana yang menghasilkan hal tersebut sebagian besar artikel ilmiah.

Tabel 4. Istilah Kemunculan Terbanyak dan Sedikit dalam *Interactive Visualization*

Most Occurences		Fewer Occurences	
Occure	Term	Occurences	Term
767	interactive visualization	10	interactive visualization approach
598	visualization	10	interest
90	Interactive Visualization tool	11	Google Patent
58	Visualization Tool	11	Interactive visualization Environment
47	Interactive Visualization System	11	Gpu
46	Web	12	Number
44	Data Vsualization	12	Interactive Visualization Method
40	Visualization System	12	Interaction Technique
37	Research	12	adition
36	Process	13	Gap
35	Set	13	Navigation
32	Networl	13	Manipulation
27	Interactive Data Visualization	14	Knowledge
25	Interactive Visualzation Technique	15	Relationship
25	Section	15	interactive exploration

Tabel 5 tidak hanya menjelaskan tema-tema yang paling sering dibahas dalam publikasi berhasil, namun hal ini juga menyoroti tujuan menyeluruh dari tulisan ini, yaitu untuk menentukan potensi masalah Interactive Visualization di masa depan yang mana yang memberikan prospek untuk dipelajari lebih lanjut. Mengenai hal-hal seperti pencegahan penipuan pangan, penerapannya, dan keamanannya, cukup banyak informasi baru yang didapat diperoleh. Hal yang sama juga terjadi pada isu-isu yang berkaitan dengan pemalsuan makanan, seperti pasokannya jaringan dan metode yang mereka gunakan, keduanya cukup banyak disebutkan di paragraf sebelumnya. Permasalahan yang berpotensi menjadi kemungkinan untuk penelitian selanjutnya yang lebih rinci aspek dan mengarah pada menjadi kemungkinan untuk penelitian selanjutnya yang lebih rinci aspek dan mengarah pada Interactive Visualization, Visualization dan Interactive Visualization Tool. Tidak banyak penelitian yang dilakukan telah dilakukan pada banyak topik berbeda, termasuk menemukan Interactive Visualization.

5. Kesimpulan

Visualisasi interaktif telah mengalami evolusi signifikan dalam satu dekade terakhir, tidak hanya dari segi teknis, tetapi juga dalam peran strategisnya sebagai medium representasi pengetahuan dalam era big data. Temuan dalam penelitian ini mengungkap bahwa topik ini menjadi titik temu berbagai disiplin keilmuan, termasuk ilmu komputer, sistem informasi, biologi molekuler, dan kesehatan digital. Dengan memanfaatkan pendekatan bibliometrik terhadap 1.000 dokumen ilmiah, terbentuklah peta konseptual yang menunjukkan dominasi istilah “interactive visualization” sebagai simpul utama dalam jaringan pengetahuan, sekaligus mengindikasikan pergeseran

paradigma dari representasi data pasif menuju sistem eksploratif berbasis interaksi pengguna. Dengan semakin kompleksnya data yang dihasilkan manusia dan mesin, visualisasi interaktif tidak lagi hanya berfungsi sebagai alat bantu eksplorasi, tetapi telah bertransformasi menjadi antarmuka kecerdasan yang memungkinkan pemrosesan, penyajian, dan interpretasi data dalam bentuk yang lebih manusiawi. Penguatan literasi visual, kolaborasi lintas sektor, dan inklusivitas desain menjadi kunci agar visualisasi interaktif dapat terus berkembang sebagai fondasi sistem informasi masa depan yang cerdas, adaptif, dan berkelanjutan.

6. Daftar Pustaka

- Abudiyab, N. A., & Alanazi, A. T. (2022). Visualization Techniques in Healthcare Applications: A Narrative Review. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.31355>
- Aflalo, E., Du, M., Tseng, S.-Y., Liu, Y., Wu, C., Duan, N., & Lal, V. (2022). VL-InterpreT: An Interactive Visualization Tool for Interpreting Vision-Language Transformers. In *2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 21374–21383). IEEE. <https://doi.org/10.1109/cvpr52688.2022.02072>
- Chen, E. Y., Tan, C. M., Kou, Y., Duan, Q., Wang, Z., Meirelles, G. V., Clark, N. R., & Ma'ayan, A. (2013). Enrichr: interactive and collaborative HTML5 gene list enrichment analysis tool. *BMC Bioinformatics*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2105-14-128>
- Chen, Y., & Wu, E. (2022). PI2: End-to-end Interactive Visualization Interface Generation from Queries. In *Proceedings of the 2022 International Conference on Management of Data* (pp. 1711–1725). ACM. <https://doi.org/10.1145/3514221.3526166>
- Chishtie, J. A., Babineau, J., Bielska, I. A., Cepoiu-Martin, M., Irvine, M., Koval, A., Marchand, J.-S., Turcotte, L., Jeji, T., & Jaglal, S. (2019). Visual Analytic Tools and Techniques in Population Health and Health Services Research: Protocol for a Scoping Review. *JMIR Research Protocols*, 8(10), e14019. <https://doi.org/10.2196/14019>
- Firat, E. E., Joshi, A., & Laramée, R. S. (2022). Interactive visualization literacy: The state-of-the-art. *Information Visualization*, 21(3), 285–310. <https://doi.org/10.1177/14738716221081831>
- Fu, Y., & Stasko, J. (2022). Supporting Data-Driven Basketball Journalism through Interactive Visualization. In *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–17). ACM. <https://doi.org/10.1145/3491102.3502078>
- Goddard, T. D., Huang, C. C., Meng, E. C., Pettersen, E. F., Couch, G. S., Morris, J. H., & Ferrin, T. E. (2017). UCSF ChimeraX: Meeting modern challenges in visualization and analysis. *Protein Science*, 27(1), 14–25. <https://doi.org/10.1002/pro.3235>
- Heberle, H., Zhao, L., Schmidt, S., Wolf, T., & Heinrich, J. (2023). XSMILES: interactive visualization for molecules, SMILES and XAI attribution scores. *Journal of Cheminformatics*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13321-022-00673-w>
- Hoque, M. N., Ghai, B., Kraus, K., & Elmqvist, N. (2023). Portrayal: Leveraging NLP and Visualization for Analyzing Fictional Characters. In *Proceedings of the 2023 ACM Designing Interactive Systems Conference* (pp. 74–94). ACM. <https://doi.org/10.1145/3563657.3596000>
- Li, R., Qu, H., Wang, S., Chater, J. M., Wang, X., Cui, Y., Yu, L., Zhou, R., Jia, Q., Traband, R., Wang, M., Xie, W., Yuan, D., Zhu, J., Zhong, W.-D., & Jia, Z. (2021).

- CancerMIRNome: an interactive analysis and visualization database for miRNome profiles of human cancer. *Nucleic Acids Research*, 50(D1), D1139–D1146. <https://doi.org/10.1093/nar/gkab784>
- Mosca, A., Ottley, A., & Chang, R. (2021). Does Interaction Improve Bayesian Reasoning with Visualization? In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–14). ACM. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445176>
- Namitha, K., Narayanan, A., & Geetha, M. (2021). Interactive visualization-based surveillance video synopsis. *Applied Intelligence*, 52(4), 3954–3975. <https://doi.org/10.1007/s10489-021-02636-4>
- Ondov, B. D., Bergman, N. H., & Phillippy, A. M. (2011). Interactive metagenomic visualization in a Web browser. *BMC Bioinformatics*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-385>
- Sriworarat, C., Nguyen, A., Eagles, N. J., Collado-Torres, L., Martinowich, K., Maynard, K. R., & Hicks, S. C. (2023). Performant web-based interactive visualization tool for spatially-resolved transcriptomics experiments. *Biological Imaging*, 3. <https://doi.org/10.1017/s2633903x2300017x>
- Wang, R.-X., Wang, R., Fu, P., & Zhang, J.-M. (2020). Portable interactive visualization of large-scale simulations in geotechnical engineering using Unity3D. *Advances in Engineering Software*, 148, 102838. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2020.102838>
- Wang, X., Chen, L., Liu, W., Zhang, Y., Liu, D., Zhou, C., Shi, S., Dong, J., Lai, Z., Zhao, B., Zhang, W., Cheng, H., & Li, S. (2022). TIMEDB: tumor immune micro-environment cell composition database with automatic analysis and interactive visualization. *Nucleic Acids Research*, 51(D1), D1417–D1424. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac1006>
- Wang, Y., Li, F., Zhang, B., & Li, X. (2021). Development of a component-based interactive visualization system for the analysis of ocean data. *Big Earth Data*, 6(2), 219–235. <https://doi.org/10.1080/20964471.2021.1994362>
- Wang, Z. J., Turko, R., & Chau, D. H. (2021). Dodrio: Exploring Transformer Models with Interactive Visualization. In *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing: System Demonstrations* (pp. 132–141). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.acl-demo.16>
- Xiao, Z., & Lam, H.-M. (2022). ShinySyn: a Shiny/R application for the interactive visualization and integration of macro- and micro-synteny data. *Bioinformatics*, 38(18), 4406–4408. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btac503>