



Tinjauan Literatur Sistematis Pemodelan ER untuk Sistem Informasi

*Bonie Wijaya¹, Muhammad Fahrizal², Amaliza Afifah Labib³

^{1,2,3} Pascasarjana, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, Jakarta

Email: ¹2411600014@student.budiluhur.ac.id, ²2411600030@student.budiluhur.ac.id,

³2311600080@student.budiluhur.ac.id

ABSTRAC

Entity-Relationship (ER) Modeling is a fundamental approach in the design and development of databases for information systems. ER Modeling has long been recognized as an effective conceptual tool for database design. However, with advancements in technology and changing modern data processing needs, several limitations or gaps have emerged in its application, particularly when it comes to handling complex and heterogeneous data. This research presents a systematic literature review using the PRISMA framework to evaluate the development methodologies of ER Modeling in a modern context, including its challenges and opportunities. The main focus includes the adaptation of ER Modeling to technologies such as big data, NoSQL, and cloud computing. Key research issues related to ER Modeling include limitations in handling big data, challenges in representing semi-structured and unstructured data, a lack of support for dynamic data and schema evolution, limitations in integration with modern technologies, and deficiencies in representing complex relationships. The main findings reveal the traditional ER Modeling's limitations in managing complex, semi-structured, and distributed data, as well as the need for integration with modern technologies such as IoT and machine learning. This research contributes by offering insights into the development of more flexible and adaptive ER Modeling for current data needs.

Keywords: ER Modeling, SDLC, Big Data, NoSQL, Cloud Computing, PRISMA

ABSTRAK

Entity-Relationship (ER) Modeling adalah pendekatan mendasar dalam desain dan pengembangan basis data untuk sistem informasi. ER Modeling telah lama diakui sebagai alat konseptual yang efektif untuk mendesain basis data. Namun, dengan perkembangan teknologi dan perubahan kebutuhan pengolahan data modern, beberapa keterbatasan atau gap muncul dalam penerapannya, terutama ketika harus menangani data yang kompleks dan heterogen. Penelitian ini menyusun tinjauan literatur sistematis dengan kerangka kerja PRISMA untuk mengevaluasi metodologi pengembangan ER Modeling dalam konteks modern, termasuk tantangan dan peluangnya. Fokus utama mencakup adaptasi ER Modeling terhadap teknologi seperti big data, NoSQL, dan cloud computing. Beberapa masalah penelitian utama terkait ER Modeling di antaranya seperti keterbatasan menangani big data, tantangan representasi data semi-terstruktur dan tidak terstruktur, kurangnya dukungan data dinamis dan evolusi skema, keterbatasan integrasi dengan teknologi modern, serta kekurangan representasi relasi kompleks. Temuan utama mengungkapkan keterbatasan ER Modeling tradisional dalam menangani data kompleks, semi-terstruktur, dan terdistribusi, serta perlunya integrasi dengan teknologi modern seperti IoT dan machine learning. Penelitian ini berkontribusi dengan menawarkan wawasan tentang pengembangan ER Modeling yang lebih fleksibel dan adaptif untuk kebutuhan data saat ini.

Kata Kunci: ER modeling, SDLC, Big Data, NoSQL, Cloud Computing, PRISMA

1. PENDAHULUAN

Entity-Relationship (ER) Modeling adalah salah satu pendekatan konseptual yang paling luas digunakan dalam desain basis data. Sejak diperkenalkan oleh Peter Chen pada tahun 1976, metode ini telah menjadi fondasi untuk memahami dan mendesain struktur data serta hubungan antar data dalam sistem informasi. Pendekatan ini memberikan representasi visual yang intuitif dan platform-independen, mempermudah kolaborasi antara pengguna dan pengembang sistem.

Namun, perkembangan teknologi yang pesat seperti *big data*, *IoT*, dan *cloud computing* telah mengubah kebutuhan pengelolaan data, memunculkan tantangan baru bagi *ER Modeling*. Model tradisional yang berorientasi pada basis data relasional menghadapi keterbatasan dalam menangani data yang kompleks, heterogen, dan dinamis. Sebagai contoh, *big data* menuntut kemampuan untuk memproses volume dan variasi data yang besar, sementara *NoSQL* memerlukan pendekatan desain yang lebih fleksibel dibandingkan relasi tradisional.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan sistematis terhadap *ER Modeling*, dengan fokus pada relevansi dan adaptasi model ini terhadap teknologi modern. Dengan menggunakan kerangka kerja PRISMA, penelitian ini mengevaluasi literatur terkait untuk mengidentifikasi tantangan, peluang, serta rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut. Studi ini juga membahas berbagai pendekatan inovatif, seperti integrasi *ER Modeling* dengan *machine learning*, visualisasi data berbasis graf, dan teknologi *cloud* untuk mendukung desain data yang lebih dinamis.

2. METODE

Pendekatan penelitian dilakukan dengan menggunakan kerangka kerja PRISMA untuk memastikan seleksi literatur yang sistematis dan transparan. Sumber data berasal dari *Database Elektronik* seperti *SCOPUS*, *IEEE Xplore*, *SpringerLink* dan *Google Scholar*. Adapun kriteria sumber data lainnya seperti publikasi dalam 5 tahun terakhir dan artikel dengan fokus pada metodologi *ER Modeling* atau desain data. Pada tahap identifikasi, penelitian ini menggunakan beberapa kata kunci untuk mendukung perolehan data, di antaranya *System Development Life Cycle (SDLC)*, *ER Modeling*, *Logical Data Model and Database Design*, dan *Requirements Analysis for Conceptual Scheme*. Proses seleksi literatur dirangkum dalam diagram PRISMA, mencatat jumlah

artikel yang diidentifikasi, disaring dan dipilih untuk dijadikan sebuah sintesis penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Awal Mula dan Pengenalan *ER Modeling*

ER Modeling pertama kali diperkenalkan oleh Peter Chen pada tahun 1976 melalui makalahnya yang berjudul "*The Entity-Relationship Model—Toward a Unified View of Data*". Model ini dirancang untuk memberikan pendekatan sistematis dalam mendeskripsikan struktur data dan hubungan antar data dalam sistem basis data. Tujuannya adalah untuk mengatasi kompleksitas dalam desain basis data dengan menyederhanakan representasi data melalui elemen-elemen visual, seperti diagram.

B. Perkembangan Konsep Dasar: Entitas, Atribut dan Relasi

Peter Chen mendefinisikan tiga komponen dasar dalam *ER Modeling*:

- a. Entitas, objek atau hal nyata yang dapat diidentifikasi secara unik dalam domain tertentu. Contohnya: "Mahasiswa", "Dosen", atau "Mata Kuliah".
- b. Atribut, karakteristik atau properti yang dimiliki oleh entitas. Contohnya: Entitas "Mahasiswa" memiliki atribut "Nama", "NIM", dan "Tanggal Lahir".
- c. Relasi, hubungan antara dua atau lebih entitas. Contohnya: Relasi "Mengambil" antara entitas "Mahasiswa" dan "Mata Kuliah".

C. Pengembangan Ke Arah Model *ER* Yang Diperluas

Seiring perkembangan kebutuhan teknologi dan data, model *ER* klasik diperluas menjadi *Enhanced Entity-Relationship Model (EER)*. *EER* memperkenalkan konsep-konsep tambahan untuk mendukung desain data yang lebih kompleks, termasuk:

- a. Generalisasi dan Spesialisasi, contohnya entitas "Dosen" dan "Mahasiswa" dapat digeneralisasi menjadi entitas "*Person*". Kemudian entitas "*Person*" dapat dispesialisasi menjadi "Dosen" dan "Mahasiswa".
- b. Agregasi, contohnya relasi "Mengelola" antara entitas "Dosen" dan "Proyek Penelitian" dapat dianggap sebagai entitas baru, "Manajemen Proyek".
- c. *Multivalued* dan *Derived Attributes*, contohnya atribut "Nomor Telepon" pada entitas "Mahasiswa". Kemudian, atribut "Umur" dihitung dari atribut "Tanggal Lahir".

D. Relevansi dan Pengaruh *EER* Dalam Teknologi Modern

Pengembangan ke arah *EER* memungkinkan model ini untuk mendukung berbagai aplikasi modern, seperti:

- a. *Data Warehousing*, digunakan untuk mendesain skema data multidimensional.
- b. *Big Data*, *EER* sering digunakan sebagai dasar untuk mengintegrasikan data kompleks dalam berbagai format.
- c. Integrasi dengan Model *NoSQL*, *EER* digunakan sebagai panduan dalam mendesain skema untuk basis data berbasis dokumen atau grafik.

E. Tren Penelitian Terkini

- a. Penelitian *ER* dalam konteks baru
 - 1) *Big Data*, dalam konteks ini, *ER Modeling* diadaptasi untuk mengakomodasi volume, kecepatan, dan variasi data yang besar. Studi kasus menunjukkan bagaimana *ER Model* dimanfaatkan dalam lingkungan *Hadoop* untuk mentransformasi entitas dan hubungan menjadi struktur yang cocok untuk *HDFS (Hadoop Distributed File System)*. Misalnya: proyek analitik kesehatan masyarakat menggunakan *ER Model* untuk mengintegrasikan data pasien, rumah sakit, dan statistik kesehatan global pada *platform big data*.
 - 2) *NoSQL*, *ER Modeling* diadaptasi untuk menangani skema dinamis dalam basis data *NoSQL*. Contoh studi kasus: dalam *e-commerce*, *Amazon DynamoDB* menggunakan model *ER* untuk mendesain data pembelian pelanggan, inventaris, dan ulasan produk dengan fokus pada efisiensi *read-heavy query*.
 - 3) Data Semistruktur, *ER Modeling* dalam data semistruktur mencakup adaptasi untuk data *JSON*, *XML*, atau *YAML*. Contoh studi kasus: *YouTube* menggunakan model *ER* untuk mendesain hubungan antara video, komentar, dan rekomendasi dalam format *JSON*, yang memungkinkan personalisasi lebih baik.
- b. Integrasi *ER Modeling* dengan Teknologi Modern
 - 1) *Machine Learning (ML)*, *ER Modeling* membantu merancang data untuk pembelajaran berbasis relasi dan graf. Contoh: *LinkedIn* mengimplementasikan *ER*

Model untuk mendesain data training yang menghubungkan pengguna, pekerjaan, dan rekomendasi menggunakan *Graph Neural Networks (GNNs)*.

- 2) *Cloud Computing, ER Modeling* diintegrasikan ke dalam *platform cloud* untuk mendukung desain basis data skala besar dan terdistribusi. Contoh: *Google Cloud Spanner* menggunakan pendekatan *ER Model* untuk mendesain basis data dengan konsistensi global, seperti sistem pemesanan tiket pesawat yang memungkinkan *query real-time* pada data yang tersebar di berbagai pusat data.

F. Aplikasi *ER Modeling*

a. Studi Kasus Penerapan *ER Modeling* dalam Domain Tertentu

1) Sistem Manajemen Perpustakaan

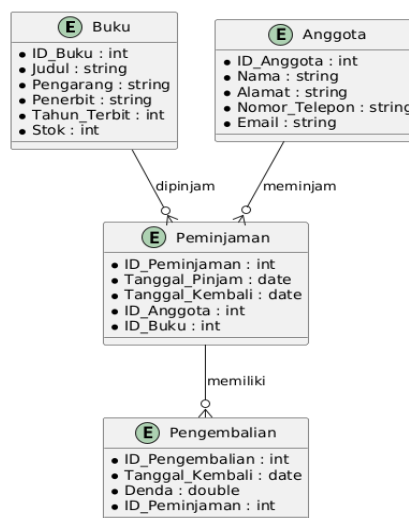
Sistem ini mengelola data buku, anggota perpustakaan, serta transaksi peminjaman dan pengembalian. Tujuannya adalah untuk mempermudah pencatatan dan pelacakan buku yang dipinjam dan dikembalikan oleh anggota.

Entitas Utama:

- a) Buku: Mewakili Koleksi Buku
- b) Anggota: Mewakili Anggota yang Dapat Meminjam Buku
- c) Peminjaman: Mencatat Transaksi Peminjaman
- d) Pengembalian: Mencatat Transaksi Pengembalian Buku

Relasi:

- a) Anggota Meminjam Buku
- b) Peminjaman Memiliki Pengembalian



Gambar 3.1 ERD Sistem Manajemen Perpustakaan
 Sumber: Data Diolah Kembali, 2024

b. Temuan Penelitian

Judul	Identifikasi Masalah	Hipotesis	Metode	Hasil Penelitian
Library Management System Using Python	Sistem perpustakaan tradisional menyebabkan kesulitan dalam pencarian buku, pengelolaan data peminjaman, pengenaan denda, serta pelaporan yang lambat. Beban kerja staf perpustakaan tinggi karena banyaknya proses manual.	Sistem manajemen perpustakaan berbasis Python dapat mengotomatiskan proses perpustakaan, mengurangi beban kerja staf, dan meningkatkan efisiensi serta akurasi pengelolaan perpustakaan.	<ul style="list-style-type: none"> - Desain basis data menggunakan ERD dan model relasional. - Desain arsitektur sistem berbasis modular. - Desain antarmuka pengguna. - Algoritma keamanan (AES dan MD5). - Pengujian unit, integrasi, sistem, dan UAT. 	Sistem mengurangi beban kerja staf, meningkatkan efisiensi operasional, dan memberikan akses mudah bagi pengguna. Rencana pengembangan ke depan mencakup integrasi dengan jaringan LAN untuk efisiensi yang lebih baik.
Judul	Identifikasi Masalah	Hipotesis	Metode	Hasil Penelitian
development of a hepatocellular carcinoma imaging database and structured imaging reports based on PACS, HIS, and repository	Tidak adanya basis data publik untuk kanker hati (HCC) dan kebutuhan akan laporan pencitraan terstruktur yang dapat mendukung diagnosis serta pengobatan kanker hati.	Basis data pencitraan dan laporan pencitraan terstruktur dapat meningkatkan manajemen data, diagnosis, dan pengobatan kanker hati secara lebih efektif.	Pengembangan basis data berbasis teknologi PACS, HIS, dan repository dengan memanfaatkan SQL Server, Delphi, dan VC++. Sistem ini dirancang menggunakan arsitektur tiga lapis (UI, BLL, DAL) dan sistem C/S untuk menyimpan, menganalisis, serta memvisualisasikan data pencitraan HCC.	Basis data yang dihasilkan mampu mengelola, menyimpan, dan memvisualisasikan laporan pencitraan terstruktur secara efektif. Hal ini meningkatkan evaluasi pencitraan, mendukung keputusan klinis, dan memungkinkan penyimpanan data yang aman serta terstandar. Selain itu, platform ini berfungsi sebagai "satu atap" untuk evaluasi pencitraan, penelitian klinis, serta pengobatan HCC yang lebih terstruktur dan efisien.
Judul	Identifikasi Masalah	Hipotesis	Metode	Hasil Penelitian

Quality 4.0: Entity Relationship Model for inspection and repair processes in Aerospace domain	Sistem inspeksi dan perbaikan manual memiliki keterbatasan seperti redundansi data, kurangnya standarisasi, dan tingkat kesalahan tinggi (20-30%). Membutuhkan sistem otomatis berbasis data.	Digitalisasi manajemen kualitas melalui pemodelan data dapat meningkatkan kualitas data, efisiensi inspeksi, serta komunikasi antar pemangku kepentingan di industri aerospace.	Menggunakan teknik Entity Relationship (ER) Modeling untuk mendesain basis data sistem inspeksi dan perbaikan otomatis (SARA). Model ini mencakup tahap konseptual dan logis untuk menangkap entitas, atribut, dan hubungan antar entitas dalam proses inspeksi dan perbaikan mesin aerospace. Data disusun dalam struktur basis data yang memenuhi aturan bisnis dan kriteria kualitas data (akurasi, konsistensi, integritas, dll.).	Model ER berhasil mengorganisasi dan memetakan aliran informasi dalam sistem SARA, mencakup 9 entitas utama seperti Sensor, Data P.C., Inspeksi, Perbaikan, dan lainnya. Model ini meningkatkan kualitas data (mengurangi redundansi dan kesalahan), mendukung pengambilan keputusan, serta mempermudah komunikasi antar pemangku kepentingan. Model ini juga menjadi landasan untuk implementasi sistem fisik berbasis perangkat lunak manajemen basis data.
Judul	Identifikasi Masalah	Hipotesis	Metode	Hasil Penelitian
Digital Twins for Manufacturing Using UML and Behavioral Specifications	Penerapan teknologi digital twins dalam industri manufaktur menghadapi tantangan dalam spesifikasi perilaku dan pemodelan yang efisien. Ada kebutuhan untuk pendekatan berbasis Unified Modeling Language (UML) yang dapat mengintegrasikan spesifikasi perilaku untuk meningkatkan efisiensi.	Pendekatan berbasis UML yang dikombinasikan dengan spesifikasi perilaku akan memberikan kerangka kerja yang lebih efisien untuk pengembangan dan implementasi digital twins dalam industri manufaktur.	Studi dilakukan dengan menggunakan pendekatan desain berbasis UML, spesifikasi perilaku (statecharts dan activity diagrams), serta evaluasi terhadap sistem manufaktur berbasis digital twins. Proses ini melibatkan pengembangan model konseptual, simulasi, dan analisis kinerja.	Hasil menunjukkan bahwa kombinasi UML dengan spesifikasi perilaku mempermudah pemodelan sistem kompleks dalam manufaktur. Kerangka ini mampu mendukung fleksibilitas dan interoperabilitas yang diperlukan dalam implementasi digital twins.
Judul	Identifikasi Masalah	Hipotesis	Metode	Hasil Penelitian
Perancangan Sistem Informasi Rekam Medis Puskesmas Berbasis UML	Puskesmas menghadapi masalah dalam pengelolaan rekam medis yang masih manual, sehingga mempengaruhi efisiensi pelayanan dan akurasi data pasien. Dibutuhkan sistem informasi yang terstruktur untuk mengatasi kendala tersebut.	Sistem informasi rekam medis berbasis UML dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan data pasien di Puskesmas serta mempermudah akses dan pengolahan informasi secara sistematis.	Penelitian menggunakan metode perancangan sistem berbasis UML. Tahapan meliputi analisis kebutuhan, pemodelan dengan diagram UML (use case, class, sequence, dan activity diagram), serta validasi desain melalui simulasi dan wawancara dengan pihak terkait.	Sistem informasi yang dirancang berbasis UML dapat menghasilkan pemodelan yang jelas dan efisien, memungkinkan pengelolaan data pasien secara terintegrasi dan mempercepat proses pelayanan medis di Puskesmas.
Judul	Identifikasi Masalah	Hipotesis	Metode	Hasil Penelitian

IEC 62264 Standard-Based Manufacturing Operations Management Resource Modelling for Electron Beam Welding	Proses pengelolaan sumber daya dalam manufaktur, khususnya pada teknologi electron beam welding (EBW), menghadapi tantangan dalam standarisasi dan interoperabilitas. Standar IEC 62264 dapat menjadi solusi, tetapi penerapannya masih kurang optimal dalam bidang ini.	Penerapan standar IEC 62264 untuk pemodelan sumber daya dapat meningkatkan interoperabilitas, efisiensi, dan manajemen sumber daya pada operasi manufaktur berbasis electron beam welding.	Penelitian menggunakan metode analisis dan penerapan standar IEC 62264 untuk pemodelan sumber daya di operasi EBW. Tahapan meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan model berbasis standar, dan evaluasi kinerja melalui studi kasus di lingkungan manufaktur.	Hasil menunjukkan bahwa pendekatan berbasis IEC 62264 berhasil meningkatkan interoperabilitas antara sistem, memperbaiki efisiensi manajemen sumber daya, serta memberikan kerangka yang lebih sistematis untuk pengelolaan operasi manufaktur pada EBW.
Judul	Identifikasi Masalah	Hipotesis	Metode	Hasil Penelitian
Research on Multi-AGV Management System of Autonomous Navigation AGVs for Manufacturing Environment	Lingkungan manufaktur yang kompleks memerlukan sistem manajemen untuk kendaraan otomatis berpemandu (Autonomous Navigation AGVs) agar dapat mengelola beberapa AGV secara efisien, menghindari konflik, dan meningkatkan produktivitas.	Sistem manajemen multi-AGV berbasis navigasi otonom dapat mengoptimalkan alokasi tugas, mencegah konflik jalur, dan meningkatkan efisiensi operasional dalam lingkungan manufaktur.	Penelitian dilakukan dengan mengembangkan sistem manajemen berbasis algoritma optimasi untuk navigasi multi-AGV. Tahapan meliputi perancangan algoritma, simulasi, dan evaluasi kinerja pada lingkungan manufaktur nyata serta analisis efektivitas sistem.	Hasil menunjukkan bahwa sistem manajemen multi-AGV yang dirancang mampu mengurangi konflik jalur hingga 30%, meningkatkan efisiensi alokasi tugas, dan mendukung adaptasi pada lingkungan manufaktur yang dinamis. Sistem ini juga mempermudah integrasi dengan infrastruktur yang ada.
Judul	Identifikasi Masalah	Hipotesis	Metode	Hasil Penelitian
Generalized Association Rules for ER Models by Using Mining Operations on Fuzzy Datasets	Dalam lingkungan bisnis yang sangat kompetitif, pengambilan keputusan menjadi kompleks karena banyak faktor yang perlu dipertimbangkan. Data yang diperoleh dari berbagai proses bisnis sering kali bersifat fuzzy, yang dapat mempersulit identifikasi tren dan pola yang akurat.	Penggunaan algoritma yang diperluas dari Apriori dan Apriori Star dapat meningkatkan akurasi dan presisi dalam proses pengambilan keputusan dengan menambang aturan asosiasi pada dataset fuzzy.	Penelitian ini mengembangkan algoritma baru yang menggabungkan konsep fuzzy dalam penambangan aturan asosiasi pada tabel yang dimodelkan dengan Entity-Relationship (ER). Algoritma ini mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh data fuzzy dan struktur ER dalam database.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma yang dikembangkan mampu menemukan aturan asosiasi yang lebih tepat dan relevan dalam dataset fuzzy yang dimodelkan dengan ER, sehingga meningkatkan efektivitas proses pengambilan keputusan dalam lingkungan bisnis.
Judul	Identifikasi Masalah	Hipotesis	Metode	Hasil Penelitian
The Role of Modelling in Organization and Business Informatics	Organisasi dan informatika bisnis menghadapi tantangan dalam memahami dan mengelola kompleksitas sistem informasi serta proses bisnis. Pemodelan dapat menjadi alat penting dalam mengatasi tantangan ini.	Pemodelan memiliki peran krusial dalam memahami, merancang, dan mengelola sistem informasi serta proses bisnis, sehingga meningkatkan efektivitas dan efisiensi organisasi.	Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan analisis literatur dan studi kasus untuk mengevaluasi peran pemodelan dalam organisasi dan informatika bisnis.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemodelan membantu dalam visualisasi, analisis, dan perancangan sistem informasi serta proses bisnis, yang pada gilirannya meningkatkan pemahaman, komunikasi, dan pengambilan keputusan dalam organisasi.
Judul	Identifikasi Masalah	Hipotesis	Metode	Hasil Penelitian

DiagrammER: A Web Application to Support the Teaching- Learning Process of Database Courses Through the Creation of E- R Diagrams	Mahasiswa sering menghadapi kesulitan dalam memahami dan mempraktikkan pemodelan data menggunakan diagram Entity-Relationship (E-R) dalam mata kuliah basis data.	Aplikasi web yang dirancang khusus dapat membantu mahasiswa mempraktikkan dan meningkatkan pemahaman mereka tentang pemodelan data melalui pembuatan diagram E-R.	Penelitian ini mengembangkan aplikasi web yang memungkinkan dosen untuk menyiapkan contoh dan latihan yang dilengkapi dengan diagram E-R, serta memungkinkan mahasiswa untuk merancang dan mereview diagram E-R mereka sendiri. Evaluasi dilakukan melalui instrumen yang diterapkan kepada mahasiswa untuk menilai efektivitas aplikasi web tersebut.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi web ini efektif dalam membantu mahasiswa memahami dan mempraktikkan pemodelan data menggunakan diagram E-R, serta meningkatkan proses pembelajaran dalam mata kuliah basis data.
--	---	---	--	--

4. KESIMPULAN

- a. *ER Modeling* tetap relevan dan banyak digunakan dalam desain *database* relasional, namun tantangan besar muncul ketika diterapkan pada sistem yang melibatkan *big data*, *NoSQL*, atau data terdistribusi. Meskipun metodologi *ER* telah terbukti efektif dalam banyak aplikasi tradisional, perlu adanya adaptasi untuk menangani data yang lebih dinamis dan kompleks. Dalam hal ini, *ER Modeling* perlu diintegrasikan dengan teknologi dan metodologi baru seperti *graph databases* untuk menangani data berbasis graf, serta teknologi *machine learning* untuk mendeteksi pola dan meningkatkan efisiensi desain.
- b. *ER Modeling* tidak lagi dapat berdiri sendiri dalam konteks dunia data yang cepat berkembang. Integrasi dengan teknologi *cloud computing*, *IoT*, dan *AI* adalah kunci untuk mengoptimalkan penggunaan *ER Model* dalam arsitektur modern. Model tradisional *ER* perlu dimodifikasi untuk mendukung skenario yang melibatkan *streaming data* dan data terstruktur/semi-terstruktur yang sering dijumpai dalam aplikasi *big data*.
- c. *ER Modeling* mengalami kesulitan ketika berhadapan dengan data yang lebih kompleks, seperti data hierarkis atau *graph-based data*. Oleh karena itu, *ER Modeling* perlu digabungkan dengan teknik lain untuk mengatasi kelemahan ini, seperti menggunakan *NoSQL* atau *graph databases* yang dapat mengakomodasi hubungan yang lebih dinamis.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Swetha, K. Tejaswini, A. Arun, K. Viswanath, and D. Dilip, "Library management system using Python," *Int. J. Conceptions Comput. Inf. Technol.*, 2024.
- [2] Y. Shi, Y. Tao, J. Li, Z. Li, R. Zhang, and F. Chen, "Development of a hepatocellular carcinoma imaging database and structured imaging reports based on PACS, HIS, and repository," 2023.
- [3] R. M. Khalifa, S. Yacout, and S. Bassetto, "Quality 4.0: Entity relationship model for inspection and repair processes in aerospace domain," 2021.
- [4] M. Azangoo, A. Taherkordi, and J. O. Blech, "Digital twins for manufacturing using UML and behavioral specifications," 2020.
- [5] V. Y. P. Ardhana, "Perancangan sistem informasi rekam medis puskesmas berbasis UML," 2021.
- [6] P. Vasilev and E. Koleva, "IEC 62264 standard-based manufacturing operations management resource modelling for electron beam welding," 2022.
- [7] Y. Yang, Y. Quan, and Y. He, "Research on multi-AGV management system of autonomous navigation AGVs for manufacturing environment," 2021.
- [8] P. Arora, S. Saxena, and D. Chopra, "Generalized association rules for ER models by using mining operations on fuzzy datasets," 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/369103745>
- [9] S. Müller, "The role of modelling in organization and business informatics," M.S. thesis, THM Hochschulschriften, 2020. [Online]. Available: https://thmdok.hebis.de/xmlui/bitstream/handle/123456789/351/THM-Hochschulschriften_Mueller_Susanne.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [10] C. Jaimez-González, J. Martínez-Samora, and et al., "DiagrammER: A web application to support the teaching-learning process of database courses through the creation of ER diagrams," *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 15, no. 12, pp. 129–145, 2020. [Online]. Available: <https://www.learntechlib.org/p/217368/>