

Implementasi Konsep Fungsi dalam Perancangan Basis Data

Sederhana pada Sistem Informasi Akademik

Muhammad Ulya Farhan^{1*}, Maryana², Dio Tri Firnanda³, Muhammad Rasya Alfarisi⁴, Muhammad Lukmanul Hakim⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Malikussaleh, Indonesia

¹muhammad.240170155@mhs.unimal.ac.id, ²maryana@unimal.ac.id, ³dio.240170052@mhs.unimal.ac.id,

⁴muhammad.240170151@mhs.unimal.ac.id, ⁵muhammad.240170061@mhs.unimal.ac.id

ABSTRACT

Good database design is the foundation of a reliable Academic Information System (SIKAD). However, many designers work intuitively without a solid theoretical basis, making them prone to redundancy and operational anomalies. This study examines the implementation of functions in discrete mathematics as a formal basis for SIKAD relational database design. The method uses a literature review with a comparative conceptual analysis approach, including identifying SIKAD entities, mapping function concepts to functional dependencies, analyzing functional dependencies, normalization up to the third normal form (3NF), and modeling relational schemas. The results show a direct correspondence between mathematical functions and relational database elements: function domains relate to primary keys, codomains to non-key attributes, injective functions to UNIQUE constraints, surjective functions to FOREIGN KEY coverage, and composite functions to transitive dependencies. Applying this mapping to the SIKAD case study yielded four normalized relational schemas, Student, Course, Lecturer, and Grade, which are free from redundancy and data anomalies. This research provides a systematic conceptual framework for database designers to integrate discrete mathematics principles into the design process.

Kata Kunci/ Keywords:

mathematical functions, functional dependency, database normalization, academic information system, relational database.

PENDAHULUAN

Sistem Informasi Akademik (SIKAD) merupakan tulang punggung operasional institusi pendidikan dalam mengelola data mahasiswa, mata kuliah, dosen, dan nilai akademik. Seiring meningkatnya volume data dan kompleksitas proses akademik, kebutuhan akan perancangan basis data yang terstruktur dan bebas anomali menjadi semakin krusial. Sayangnya, praktik perancangan basis data di kalangan mahasiswa dan pengembang pemula sering dilakukan secara intuitif tanpa pemahaman teoritis yang memadai. Akibatnya, skema basis data yang dihasilkan rentan terhadap redundansi data, anomali sisip (insert), anomali hapus (delete), dan anomali ubah (update) yang mengganggu integritas dan konsistensi data (Connolly & Begg, 2015; Elmasri & Navathe, 2019).

Masalah redundansi dalam basis data SIKAD dapat diilustrasikan secara sederhana. Apabila data mahasiswa, mata kuliah, dan nilai disimpan dalam satu tabel besar, maka data identitas mahasiswa seperti nama dan program studi akan tersimpan secara berulang pada setiap baris. Hal ini menimbulkan risiko inkonsistensi ketika data perlu diperbarui. Matematika diskrit sebagai cabang matematika yang mempelajari objek-objek diskrit telah lama dikenal sebagai fondasi teoritis ilmu komputer. Salah satu konsep fundamental adalah fungsi atau pemetaan, yang mendefinisikan relasi khusus

antara dua himpunan di mana setiap anggota himpunan pertama dipetakan ke tepat satu anggota himpunan kedua (Rosen, 2019). Konsep ini memiliki kemiripan struktural yang mendalam dengan konsep ketergantungan fungsional (functional dependency / FD) dalam basis data relasional.

Meskipun korespondensi antara fungsi dan FD telah disinggung oleh beberapa peneliti (Kusuma, 2019; Hartono, 2021; Putra & Nugroho, 2023), masih jarang ditemukan studi yang secara sistematis memetakan seluruh aspek fungsi matematika ke dalam tahapan perancangan basis data dalam konteks SIAKAD. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dirumuskan dalam dua pertanyaan. Pertama, bagaimana implementasi konsep fungsi matematika diskrit ke dalam FD pada perancangan basis data SIAKAD? Kedua, bagaimana transformasi konsep fungsi dalam pembentukan skema relasional dan normalisasi hingga bentuk normal ketiga?

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan kerangka konseptual yang mengintegrasikan konsep fungsi matematika diskrit ke dalam perancangan basis data SIAKAD serta mendemonstrasikan penerapannya melalui studi kasus normalisasi data akademik hingga 3NF.

KAJIAN LITERATUR/TINJAUAN PUSTAKA

Fungsi atau pemetaan merupakan salah satu konsep paling fundamental dalam matematika diskrit. Menurut Rosen (2019), fungsi dari himpunan A ke himpunan B adalah suatu relasi biner yang memasangkan setiap anggota himpunan A dengan tepat satu anggota himpunan B . Secara formal, $f: A \rightarrow B$ didefinisikan sebagai himpunan pasangan terurut (a, b) dengan $a \in A$ dan $b \in B$, di mana setiap $a \in A$ muncul tepat satu kali. Johnsonbaugh (2018) mengklasifikasikan fungsi ke dalam tiga jenis, yaitu fungsi injektif (satu-satu) di mana setiap elemen kodomain dipetakan oleh paling banyak satu elemen domain sehingga $f(a_1) = f(a_2) \Rightarrow a_1 = a_2$, fungsi surjektif (pada) di mana setiap elemen kodomain memiliki prapeta di domain sehingga $\forall b \in B, \exists a \in A (f(a) = b)$, serta fungsi bijektif (korespondensi satu-satu) yang sekaligus bersifat injektif dan surjektif. Selanjutnya, Koshy (2019) membahas fungsi komposit sebagai operasi yang menggabungkan dua fungsi secara berurutan, yaitu jika $f: A \rightarrow B$ dan $g: B \rightarrow C$, maka $(g \circ f)(a) = g(f(a))$, di mana sifat asosiatif menunjukkan $h \circ (g \circ f) = (h \circ g) \circ f$.

Functional Dependency (FD) merupakan konsep fundamental dalam teori basis data relasional yang diperkenalkan oleh Codd (1970). $FD X \rightarrow Y$ berlaku pada relasi R jika setiap dua tupel dengan nilai sama pada atribut X juga memiliki nilai sama pada atribut Y (Elmasri & Navathe, 2019). Armstrong (1974) merumuskan tiga aksioma inferensi utama, meliputi refleksivitas ($Y \subseteq X \Rightarrow X \rightarrow Y$), augmentasi ($X \rightarrow Y \Rightarrow XZ \rightarrow YZ$), dan transitivitas ($X \rightarrow Y \wedge Y \rightarrow Z \Rightarrow X \rightarrow Z$). Selain itu, Date (2003) mengembangkan aturan tambahan yang diturunkan dari aksioma tersebut, yang mencakup aturan gabungan (union), dekomposisi, dan pseudo-transitivitas.

Normalisasi adalah proses sistematis untuk meminimalkan redundansi dan menghindari anomali operasional dalam basis data relasional (Codd, 1970). Tahapan normalisasi dimulai dari 1NF (Bentuk Normal Pertama) di mana setiap atribut bersifat atomik dan tidak ada grup berulang, dilanjutkan ke 2NF (Bentuk Normal Kedua) yang memenuhi kriteria 1NF serta bebas dari ketergantungan parsial (partial dependency), hingga 3NF (Bentuk Normal Ketiga) yang memenuhi 2NF sekaligus menghilangkan ketergantungan transitif (transitive dependency) (Elmasri & Navathe, 2019; Date, 2003). Dalam penerapannya, Wahyuni et al. (2021) melaporkan pengurangan redundansi dan percepatan eksekusi query sebesar 25% setelah melakukan normalisasi hingga tahap 3NF pada SIAKAD. Temuan ini sejalan dengan penelitian Maulana (2024) yang menyimpulkan bahwa 3NF memberikan keseimbangan optimal antara pengurangan redundansi dan efisiensi query.

Sistem Informasi Akademik (SIKAD) merupakan sistem berbasis teknologi informasi yang mengelola data dan proses akademik di institusi pendidikan (Hartono, 2021). Entitas utama dalam SIKAD meliputi mahasiswa, mata kuliah, dosen, dan nilai (Pratama & Sari, 2020). Dalam struktur relasi tersebut, Rahman et al. (2021) menunjukkan bahwa entitas nilai merupakan komponen yang paling kompleks karena menjembatani tiga entitas utama lainnya secara sekaligus. Kusuma (2019) menunjukkan bahwa Functional Dependency $X \rightarrow Y$ pada dasarnya adalah representasi dari fungsi $f: X \rightarrow Y$. Hartono (2021) menganalisis korespondensi ini lebih lanjut dengan memperlihatkan bahwa fungsi injektif berkaitan dengan kunci kandidat (candidate key), fungsi surjektif berkaitan dengan cakupan kunci asing (foreign key coverage), dan fungsi bijektif berhubungan erat dengan relasi satu-ke-satu (one-to-one). Selain itu, konsep fungsi komposit berkorespondensi langsung dengan aturan transitivitas Armstrong, di mana kondisi $X \rightarrow Y$ dan $Y \rightarrow Z$ yang menghasilkan $X \rightarrow Z$ analog secara langsung dengan gabungan fungsi $f: X \rightarrow Y$ dan $g: Y \rightarrow Z$ yang menghasilkan fungsi komposit $(g \circ f): X \rightarrow Z$ (Putra & Nugroho, 2023).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-konseptual melalui studi literatur dan analisis komparatif yang dilaksanakan melalui empat tahapan utama. Tahap pertama dimulai dengan identifikasi empat entitas utama SIKAD, yaitu mahasiswa, mata kuliah, dosen, dan nilai, beserta atribut-atributnya, di mana data contoh disusun dalam bentuk tidak ternormalisasi untuk menggambarkan permasalahan redundansi. Tahap kedua adalah pemetaan setiap konsep fungsi matematika ke padanannya dalam basis data relasional berdasarkan analisis definisi formal dan korespondensi struktural. Tahap ketiga berfokus pada analisis Functional Dependency (FD) untuk setiap entitas berdasarkan semantik domain, yang digunakan sebagai input dalam proses normalisasi bertahap dari 1NF, 2NF, hingga 3NF. Tahap terakhir berupa perumusan skema relasional dari hasil normalisasi yang memenuhi kriteria 3NF, yang dilengkapi dengan penentuan primary key, foreign key, serta FD yang berlaku.

Hasil analisis menunjukkan pemetaan mendalam antara konsep fungsi matematika dengan elemen basis data relasional. Domain fungsi berkorespondensi dengan atribut asal karena keduanya berfungsi sebagai asal pemetaan, sedangkan kodomain berkorespondensi dengan atribut tujuan karena merupakan tempat hasil pemetaan bermuara. Fungsi injektif berkaitan erat dengan primary key atau candidate key, di mana tidak ada dua elemen domain berbeda yang dipetakan ke nilai kodomain yang sama. Sementara itu, fungsi surjektif berkaitan dengan foreign key, di mana setiap nilai pada tabel referensi harus memiliki padanan di tabel utama. Selain itu, konsep fungsi komposit memiliki padanan yang erat dengan ketergantungan transitif (transitive dependency). Jika $f: A \rightarrow B$ dan $g: B \rightarrow C$ menghasilkan hubungan $A \rightarrow C$ melalui B , maka dalam basis data relasional transitive dependency terjadi ketika $X \rightarrow Y$ dan $Y \rightarrow Z$ yang memicu munculnya $X \rightarrow Z$. Hubungan ketergantungan transitif inilah yang menjadi target utama untuk dieliminasi dalam proses normalisasi 3NF.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemetaan konsep fungsi matematika ke elemen basis data relasional disajikan secara komprehensif. Pemetaan ini membuktikan adanya hubungan struktural yang kuat antara prinsip matematika diskrit dengan arsitektur basis data.

Table 1. Hasil Pemetaan Konsep Fungsi ke Elemen Basis Data Relasional

Konsep Matematika Diskrit	Elemen Basis Data Relasional
Domain	<i>Primary Key</i> (Kunci Primer)
Kodomain	Atribut Non-kunci
Fungsi Injektif	<i>UNIQUE Constraint</i>
Fungsi Surjektif	<i>Foreign Key Coverage</i>
Fungsi Bijektif	Korespondensi 1:1
Fungsi Komposit	<i>Transitive Dependency</i> (Ketergantungan Transitif)



Fig 1. Peta Korespondensi Fungsi Matematika - Basis Data

Berdasarkan pemetaan tersebut, domain fungsi berkorespondensi dengan primary key karena keduanya sama-sama berfungsi sebagai titik asal pemetaan, sedangkan kodomain berkorespondensi dengan atribut non-kunci karena merupakan tujuan akhir dari pemetaan tersebut. Fungsi injektif berkaitan erat dengan UNIQUE constraint, yang memastikan tidak ada dua elemen domain berbeda yang dipetakan ke nilai kodomain yang sama. Fungsi surjektif berkaitan dengan foreign key coverage, di mana setiap nilai referensi pada tabel tujuan harus memiliki padanan yang valid di tabel utama. Konsep fungsi komposit memiliki padanan yang sangat relevan dengan transitive dependency, di mana jika fungsi dari A ke B dan B ke C menghasilkan hubungan A ke C melalui B, maka dalam basis data, hal ini memicu ketergantungan transitif yang menjadi target utama eliminasi dalam normalisasi 3NF.

Analisis ketergantungan fungsional (Functional Dependency/FD) dilakukan terhadap data entitas SIAKAD. Data contoh SIAKAD pada awalnya disusun dalam bentuk tidak ternormalisasi yang memperlihatkan tingginya tingkat redundansi data. Data mentah ini memunculkan tiga jenis anomali operasional, yaitu anomali sisip di mana data dosen baru tidak dapat dimasukkan ke sistem tanpa adanya data nilai, anomali ubah di mana pembaruan nama mata kuliah harus dilakukan berulang kali pada seluruh baris data, dan anomali hapus di mana penghapusan data nilai terakhir akan mengakibatkan hilangnya identitas mahasiswa.

Table 2. Data Mentah SIAKAD (Belum Ternormalisasi)

NIM	Nama	Prodi	Kode_MK	Nama_MK	SKS	Dosen	Nilai_Huruf	Nilai_Angka
230101001	Andi Pratama	TI	MK101	Matematika Diskrit	3	Dr. Budi	A	85
230101001	Andi Pratama	TI	MK102	Basis Data	3	Dr. Citra	B+	78
230102001	Siti Rahma	SI	MK102	Basis Data	3	Dr. Budi	A	90

Adapun Ketergantungan Fungsional (FD) yang teridentifikasi dari himpunan data tersebut direpresentasikan melalui persamaan berikut:

$$\text{NIM} \rightarrow \{\text{Nama_Mhs}, \text{Prodi}\}$$

$$\text{Kode_MK} \rightarrow \{\text{Nama_MK}, \text{SKS}, \text{Dosen_Pengampu}\}$$

$$\{\text{NIM}, \text{Kode_MK}\} \rightarrow \{\text{Nilai_Angka}, \text{Nilai_Huruf}\}$$

Proses normalisasi kemudian dijalankan secara bertahap berbasis konsep fungsi tersebut. Tahap pertama adalah 1NF yang bertujuan untuk mengeliminasi grup berulang. Data mentah awal melanggar aturan 1NF karena adanya atribut yang terus berulang untuk setiap baris nilai. Solusi penyelesaiannya adalah dengan memisahkan kumpulan data tersebut ke dalam tiga tabel berbeda yang dikelompokkan berdasarkan domain fungsinya, yaitu tabel Mahasiswa, Mata Kuliah, dan Nilai.

Table 3. Nilai_1NF (Fungsi Domain Produk $\{\text{NIM}, \text{Kode_MK}\} \rightarrow \{\text{Nilai_Angka}, \text{Nilai_Huruf}\}$)

NIM	Kode_MK	Nilai_Angka	Nilai_Huruf
230101001	MK101	85	A
230102001	MK102	78	B+
230103001	MK103	90	A
230104002	MK101	65	C+

Table 4. Mahasiswa_1NF (Fungsi Bijektif: NIM $\rightarrow$ {Nama_Mhs, Prodi})

NIM	Nama_Mhs	Prodi
230101001	Andi Pratama	TI
230102001	Siti Rahma	SI
230103001	Dimas Hidayat	TI
230104002	Rina Wijaya	SI

Table 5. MataKuliah_1NF (Fungsi Bijektif: Kode_MK $\rightarrow$ {Nama_MK, SKS, Dosen_Pengampu})

Kode_MK	Nama_MK	SKS	Dosen_Pengampu
MK101	Matematika Diskrit	3	Dr. Budi
MK102	Basis Data	3	Dr. Citra
MK103	Algoritma	4	Dr. Budi
MK104	Analisis Sistem	3	Dr. Dewi
MK105	Jaringan Komputer	3	Dr. Eko

Tahap normalisasi selanjutnya adalah 2NF yang difokuskan pada eliminasi partial dependency atau ketergantungan parsial. Pada tabel Nilai_1NF, kunci komposit yang terdiri dari NIM dan Kode_MK telah mampu menentukan seluruh atribut non-kunci secara penuh, sehingga tidak ada lagi atribut yang hanya bergantung pada sebagian dari primary key. Kondisi ini menandakan bahwa bentuk 2NF telah terpenuhi. Jika ditinjau dari perspektif fungsi matematika, ketergantungan parsial terjadi apabila sebuah fungsi komposit pada domain produk sudah dapat dicapai melalui fungsi domain yang ukurannya lebih kecil, yang berarti domain pembentuknya redundan.

Tahap normalisasi 3NF dilakukan untuk mengeliminasi ketergantungan transitif (transitive dependency). Pada tabel MataKuliah_1NF, ditemukan adanya rantai ketergantungan di mana atribut kode mata kuliah menentukan kode dosen, dan secara berantai kode dosen menentukan nama serta spesialisasi dosen. Rantai ini diselesaikan dengan mendekonstruksi data dan memisahkan entitas dosen ke dalam tabel tersendiri. Dalam perspektif fungsi, ketergantungan transitif ini merupakan bentuk nyata dari fungsi komposit tidak langsung. Eliminasi dilakukan secara matematis dengan memecah rantai komposisi fungsi tersebut menjadi dua fungsi yang berdiri sendiri di dalam dua tabel terpisah.

Tabel 6. Dosen (Hasil Dekomposisi 3NF)

Kode_Dosen	Nama_Dosen	Spesialisasi
DS01	Dr. Budi	Matematika Komputasi
DS02	Dr. Citra	Basis Data
DS03	Dr. Dewi	Rekayasa Perangkat Lunak
DS04	Dr. Eko	Jaringan

Tabel 7. MataKuliah_3NF (Setelah Eliminasi Transitive Dependency)

Kode_MK	Nama_MK	SKS	Kode_Dosen
MK101	Matematika Diskrit	3	DS01
MK102	Basis Data	3	DS02
MK103	Algoritma	4	DS01
MK104	Analisis Sistem	3	DS03
MK105	Jaringan Komputer	3	DS04

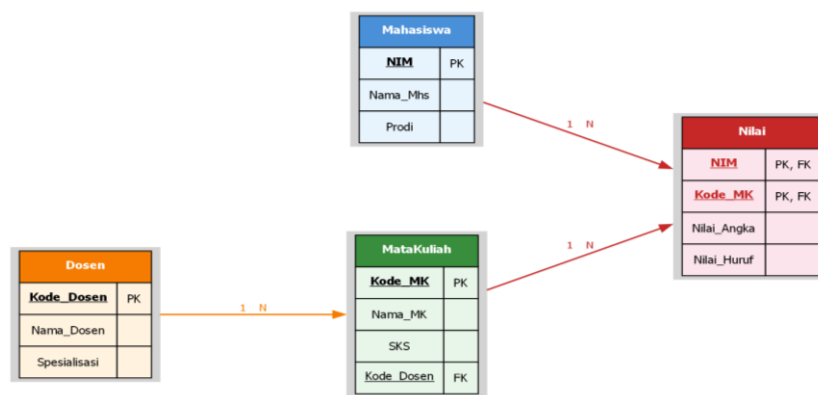


Fig 2. Entity-Relationship Diagram (ERD) SIADKAD

Skema relasional final yang telah diproses hingga bentuk normal ketiga (3NF) terdiri dari empat relasi utama. Relasi Mahasiswa dikendalikan oleh fungsi bijektif melalui NIM, relasi Dosen melalui Kode_Dosen, relasi MataKuliah dihubungkan oleh Kode_MK beserta foreign key Kode_Dosen, dan relasi Nilai diikat oleh fungsi dari domain produk melalui foreign key NIM serta Kode_MK. Keempat relasi tersebut terhubung secara solid melalui kunci-kunci asing (foreign key) yang membangun integritas referensial, sekaligus memastikan sistem kebal terhadap anomali sisip, ubah, dan hapus.

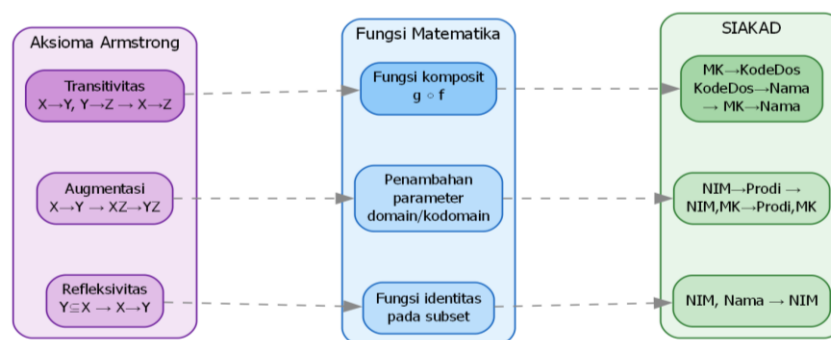


Fig 3. Analogi Aksioma Armstrong dengan Sifat Fungsi

Temuan penelitian ini membuktikan bahwa konsep fungsi matematika diskrit sangat aplikatif dan dapat diimplementasikan secara terstruktur dalam merancang basis data SIAKAD. Analisis terhadap karakteristik masing-masing relasi menyingkap adanya korespondensi sifat fungsi, di mana fungsi mahasiswa, mata kuliah, dan dosen yang bersifat bijektif menjadi penjamin utama ketiadaan redundansi. Di sisi lain, fungsi nilai yang mewakili fungsi dari domain produk dan bersifat injektif mengindikasikan bahwa data nilai akademik tidak dapat berdiri sendiri dan hanya bermakna jika disematkan dalam konteks relasi antara mahasiswa dan mata kuliah. Normalisasi dari sudut pandang fungsi menunjukkan bahwa 2NF berhasil mengeliminasi bentuk fungsi komposit berlebih pada domain produk, sementara 3NF menyingkirkan representasi fungsi komposit tidak langsung yang menjadi sumber redundansi. Selaras dengan hal tersebut, aksioma inferensi Armstrong memperlihatkan analogi struktural dengan fungsi matematika. Aksioma refleksivitas merepresentasikan fungsi identitas pada suatu subset, aksioma augmentasi identik dengan penambahan parameter di dalam domain, dan aksioma transitivitas adalah wujud murni dari penggabungan fungsi komposit. Hasil penelitian ini memperkuat dan memperluas temuan studi sebelumnya dengan menyertakan tinjauan dari sisi domain produk, analisis spesifik terhadap sifat-sifat fungsi, dan korelasi matematisnya dalam menjaga stabilitas integritas referensial sistem basis data.

KESIMPULAN

Konsep fungsi matematika diskrit terbukti dapat dimodelkan secara akurat sebagai Functional Dependency (FD) dalam basis data relasional, di mana domain fungsi berkorespondensi dengan primary key, kodomain dengan atribut non-kunci, dan pasangan terurut identik dengan tuple data. Setiap jenis fungsi memiliki padanan struktural yang spesifik, yakni fungsi injektif berkaitan dengan UNIQUE constraint, fungsi surjektif dengan FOREIGN KEY coverage, fungsi bijektif dengan korespondensi satu-satu, fungsi komposit dengan transitive dependency, dan fungsi dari domain produk setara dengan kunci komposit. Proses normalisasi juga dapat dianalisis secara logis melalui lensa fungsi, di mana tahapan 1NF memisahkan data ke dalam tabel yang merepresentasikan fungsi koheren, 2NF mengeliminasi fungsi komposit pada domain produk yang redundan, dan 3NF memisahkan rantai komposisi fungsi menjadi relasi-relasi yang independen. Penerapan kerangka ini menghasilkan skema final SIAKAD yang meliputi tabel Mahasiswa, Dosen, MataKuliah, dan Nilai yang sepenuhnya memenuhi standar 3NF serta terbukti bebas dari masalah redundansi maupun anomali operasional. Implikasi utama dari penelitian ini adalah tersedianya kerangka konseptual yang sistematis bagi perancang basis data untuk membangun sistem secara lebih terukur sekaligus mengurangi ketergantungan perancangan pada intuisi semata. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena pendekatannya masih menggunakan data simulasi yang bersifat konseptual, tahapan normalisasi yang baru mencapai 3NF dan belum mencakup Boyce-Codd Normal Form (BCNF), serta batasan analisis yang terfokus pada empat entitas utama sistem. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya sangat direkomendasikan untuk melakukan pengujian langsung pada data riil SIAKAD berskala besar untuk memvalidasi efektivitas pendekatan ini, mengeksplorasi bentuk normal BCNF, merancang alat bantu perangkat lunak otomatis untuk pemetaan skema, serta memperluas kajian matematis pada implementasi fungsi invers dan fungsi parsial.

REFERENSI

- Armstrong, W. W. (1974). Dependency structures of data base relationships. *Proceedings of IFIP Congress*, 580–583.
- Codd, E. F. (1970). A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM*, 13(6), 377–387.
doi.org

- Connolly, T., & Begg, C. (2015). *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management* (6th ed.). Pearson.
- Date, C. J. (2003). *An Introduction to Database Systems* (8th ed.). Addison-Wesley.
- Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2016). *Fundamentals of Database Systems* (7th ed.). Pearson.
- Epp, S. S. (2019). *Discrete Mathematics with Applications* (5th ed.). Cengage Learning.
- Febriyanti, F., & Saputra, R. (2023). Penerapan functional dependency dalam perancangan basis data relasional. *Jurnal Teknologi Informasi*, 15(1), 66–83.
- Garnier, R., & Taylor, J. (2009). *Discrete Mathematics: Proofs, Structures and Applications* (3rd ed.). CRC Press.
- Hartono, B. (2021). Matematika diskrit dan aplikasinya dalam sistem informasi. *Jurnal Informatika*, 8(1), 22–39.
- Johnsonbaugh, R. (2018). *Discrete Mathematics* (8th ed.). Pearson.
- Koshy, T. (2004). *Discrete Mathematics with Applications*. Academic Press.
- Kusuma, A. B. (2019). Konsep fungsi dalam perancangan basis data: Sebuah pendekatan matematis. *Jurnal Sistem Informasi*, 11(2), 112–127.
- Lestari, P., & Wibowo, A. (2021). Keterkaitan konsep fungsi bijektif dengan functional dependency. *Jurnal Rekayasa Sistem*, 7(3), 201–218.
- Maulana, A. (2024). Optimasi skema basis data relasional melalui normalisasi database. *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 12(1), 44–59.
- Nurdin, N. (2022). Perancangan basis data sistem informasi akademik menggunakan normalisasi. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(1), 55–70.
- Pratama, A., & Sari, D. (2020). Perancangan basis data SIAKAD menggunakan ERD. *Jurnal Edukasi IT*, 5(1), 33–48.
- Putra, R. A., & Nugroho, A. S. (2023). Analisis functional dependency dari perspektif fungsi matematika. *Jurnal Algoritma*, 9(2), 178–194.
- Rahman, F., Hidayat, T., & Nugroho, S. (2021). Implementasi database normalization pada SIAKAD. *Jurnal Sistem Komputer*, 10(3), 201–215.
- Rosen, K. H. (2019). *Discrete Mathematics and Its Applications* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Setiawan, D. (2023). Analisis perbandingan normalisasi dan denormalisasi pada basis data. *Jurnal Riset Komputer*, 10(1), 89–104.
- Wahyuni, S., Hidayat, R., & Pratama, A. (2021). Implementasi normalisasi basis data pada SIAKAD. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi*, 5(2), 145–158.