

Evaluasi Desain Basis Data Relasional untuk Sistem Distribusi Tabung Gas Menggunakan Identifikasi

¹Salsa Tondang, ²Elicia S A Br. Sihombing, ³Anisa Auliza Siregar, ⁴Christnatalis HS

^{1*,2,3,4}Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Prima Indonesia, Indonesia

*Korespondensi: salsatondang7@gmail.com

Submit : 07 Juni 2026 | Diterima : 26 Juni 2026 | Terbit : 10 Juli 2026

ABSTRACT

The gas cylinder distribution system requires a database capable of supporting accurate inventory management and asset tracking. However, many systems still use an aggregate approach that only records the number of cylinders by gas type without unique identification for each asset. This condition causes limitations in tracking processes, inventory audits, and distribution control. This study aims to evaluate the design of a relational database based on unique identification using barcodes compared to the aggregate design in gas cylinder distribution systems. The research method was conducted by designing two relational database models, namely the aggregate design and the barcode-based design, which were then evaluated using five benchmark query scenarios (Q1–Q5), throughput measurement, analysis of system resource usage, as well as evaluation of asset tracking capability and clarity of information. Research results show that barcode-based design generally produces faster query execution times and higher throughput compared to aggregate design. Resource usage analysis shows that implementation of unique identification does not cause significant system performance degradation. In addition, barcode-based design is able to provide information on tube identity, distribution status, and individual asset transaction history that is not available in aggregate design. Based on the evaluation results, barcode-based database design has proven to be more effective in supporting asset tracking, inventory management, and information access in gas cylinder distribution systems.

Keywords: *basis data relasional, barcode, distribusi tabung gas, traceability, inventori, benchmark query.*

ABSTRAK

Sistem distribusi tabung gas memerlukan basis data yang mampu mendukung pengelolaan inventori dan pelacakan aset secara akurat. Namun, banyak sistem masih menggunakan pendekatan agregatif yang hanya mencatat jumlah tabung berdasarkan jenis gas tanpa identifikasi unik pada setiap aset. Kondisi tersebut menyebabkan keterbatasan dalam proses pelacakan, audit inventori, dan pengendalian distribusi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi desain basis data relasional berbasis identifikasi unik menggunakan barcode dibandingkan desain agregatif pada sistem distribusi tabung gas. Metode penelitian dilakukan melalui perancangan dua model basis data relasional, yaitu desain agregatif dan desain berbasis barcode, yang kemudian dievaluasi menggunakan lima skenario benchmark query (Q1–Q5), pengukuran throughput, analisis penggunaan sumber daya sistem (*resource usage*), serta evaluasi kemampuan pelacakan aset dan kejelasan informasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain berbasis barcode secara umum menghasilkan waktu eksekusi query yang lebih cepat dan throughput yang lebih tinggi dibandingkan desain agregatif. Analisis *resource usage* menunjukkan bahwa penerapan identifikasi unik tidak menyebabkan penurunan kinerja sistem secara signifikan. Selain itu, desain berbasis barcode mampu menyediakan informasi identitas tabung, status distribusi, dan riwayat transaksi aset secara individual yang tidak tersedia pada desain agregatif. Berdasarkan hasil evaluasi, desain basis data berbasis barcode terbukti lebih efektif dalam mendukung pelacakan aset, pengelolaan inventori, dan akses informasi pada sistem distribusi tabung gas.

Kata Kunci: basis data relasional, barcode, distribusi tabung gas, traceability, inventori, benchmark query.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi menjadikan desain basis data sebagai fondasi utama dalam pembangunan sistem informasi modern, khususnya pada sistem distribusi aset fisik yang memerlukan identifikasi individual dan pengelolaan data operasional secara akurat. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa optimasi skema basis data relasional mampu meningkatkan efisiensi pemrosesan *query*, integrasi data, serta kemampuan eksplorasi informasi pada *dataset* berskala besar (Angles et al., 2024; Sanderson et al., 2021). Struktur penyimpanan data yang dirancang dengan baik juga memungkinkan fleksibilitas analisis tanpa peningkatan signifikan pada biaya penyimpanan maupun waktu pemrosesan (Kumler et al., 2025). Selain itu, pendekatan *data warehouse* modern semakin menegaskan pentingnya manajemen data terstruktur sebagai pendukung analisis operasional dan pengambilan keputusan berbasis data (Koreeda et al., 2024).

Pada konteks sistem distribusi dan logistik, digitalisasi rantai pasok berkembang melalui berbagai pendekatan teknologi seperti *blockchain*, kecerdasan buatan, *Internet of Things*, serta integrasi basis data *enterprise*. Teknologi tersebut terbukti mampu meningkatkan interoperabilitas sistem, efisiensi koordinasi distribusi, serta ketersediaan data *real-time* (Katafuchi et al., 2025; Mezquita et al., 2023; Shen et al., 2024; Zrelli & Rejeb, 2024). Namun demikian, sebagian besar pendekatan tersebut berfokus pada integrasi sistem tingkat organisasi dan belum secara spesifik menyelesaikan permasalahan identifikasi aset fisik pada level unit individual.

Permasalahan nyata muncul pada sistem distribusi tabung gas yang masih menggunakan pencatatan berbasis agregasi stok. Kondisi ini sering menyebabkan kehilangan tabung gas, ketidaksinkronan data stok antar lokasi distribusi, ketidakmampuan melakukan pelacakan tabung per unit, serta kesalahan distribusi maupun verifikasi pengembalian aset. Ketika identitas setiap tabung tidak tercatat secara unik dalam basis data, sistem tidak mampu menyediakan informasi riwayat distribusi yang akurat maupun melakukan audit inventori secara efektif. Penelitian mengenai teknologi pelacakan aset menunjukkan bahwa pemanfaatan *NB-IoT* memungkinkan *monitoring* aset secara efisien (Parrino et al., 2021), sedangkan penerapan *RFID* dan *GIS* pada sistem manajemen koleksi digital memperlihatkan peningkatan akurasi pengelolaan objek melalui identifikasi individual (Wang et al., 2024). Implementasi kode identifikasi unik pada sistem informasi kesehatan juga terbukti meningkatkan kualitas data serta mengurangi duplikasi informasi (Rampilo et al., 2024), dan penggunaan *unique device identifier* memperkuat mekanisme pelacakan berbasis data nyata dalam sistem operasional modern (Dhruva et al., 2023).

Kemajuan teknologi identifikasi otomatis turut mendukung kebutuhan pelacakan aset secara individual. Sistem *QR Code* modern mampu menyediakan mekanisme identifikasi yang aman dan tahan manipulasi sehingga mendukung proses verifikasi distribusi (Alsuhibany, 2025). Pendekatan *traceability* berbasis *blockchain* menunjukkan bahwa identifikasi unik pada setiap objek distribusi meningkatkan transparansi rantai pasok (Guo et al., 2025), sementara penerapan keamanan berlapis pada manajemen aset digital menjadi faktor penting dalam menjaga integritas data operasional (Ali Milaat & Lubell, 2024).

Dari sisi pengelolaan inventori, digitalisasi sistem manajemen persediaan terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional dan akurasi pencatatan stok. Implementasi *enterprise inventory management* menunjukkan penurunan biaya operasional serta peningkatan produktivitas pengelolaan aset (Mohundro et al., 2025). Studi manajemen inventori pada lingkungan rumah sakit memperlihatkan bahwa ketidakakuratan pencatatan penggunaan barang menyebabkan ketidaksesuaian stok aktual dan data sistem (Neve & Schmidt, 2022). Pengembangan sistem pengelolaan aliran masuk dan keluar barang juga terbukti meningkatkan pengawasan inventori secara *real-time* (Luo et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Design Science Research (DSR)* untuk merancang dan mengevaluasi artefak sistem berupa desain basis data distribusi tabung gas. Pendekatan *DSR* dipilih karena penelitian berfokus pada pembangunan solusi teknologi melalui tahapan perancangan, implementasi, dan evaluasi performa sistem secara empiris. Metode eksperimen kuantitatif digunakan untuk membandingkan dua model basis data, yaitu desain agregatif dan desain berbasis identifikasi unik (*barcode*), sebagaimana pendekatan evaluasi

sistem basis data dan manajemen informasi berskala besar pada penelitian sebelumnya (Angles et al., 2024; Kumler et al., 2025; Sanderson et al., 2021)

Tahap penelitian diawali dengan perancangan skema basis data yang mencakup entitas pelanggan, jenis gas, tabung gas, transaksi peminjaman, dan pengembalian. Model berbasis *barcode* menerapkan konsep *unique identifier* untuk meningkatkan kemampuan pelacakan aset dan konsistensi relasi data, mengikuti implementasi sistem identifikasi digital dan manajemen informasi modern (Rampilo et al., 2024; Wang et al., 2024). Implementasi *database* dilakukan menggunakan prinsip arsitektur *enterprise database* dan *data warehouse* untuk mendukung pengelolaan data operasional secara efisien (Katafuchi et al., 2025; Koreeda et al., 2024).

Dataset eksperimen disusun dalam bentuk simulasi aktivitas distribusi dengan skenario transaksi yang identik pada kedua desain basis data guna menjaga validitas perbandingan. Proses penelitian mengikuti siklus *research–development–evaluation*, di mana artefak sistem dikembangkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian performa dan analisis hasil implementasi (Luo et al., 2022).

Evaluasi sistem dilakukan melalui serangkaian skenario *query* operasional, meliputi pencarian stok, pelacakan tabung, riwayat transaksi pelanggan, dan verifikasi pengembalian. Kinerja sistem diukur menggunakan waktu eksekusi *query*:

$$T_q = T_{end} - T_{start} \quad (1)$$

serta *throughput* sistem:

$$Throughput = \frac{N}{T} \quad (2)$$

untuk menilai efisiensi pemrosesan data (Angles et al., 2024; Koreeda et al., 2024). Selain itu, penelitian mengukur *resource usage* yang mencakup konsumsi *CPU*, memori, dan aktivitas *I/O* selama eksekusi *query* dengan persamaan:

$$Resourch Usage = \frac{Resource_{used}}{Resource_{available}} \times 100\% \quad (3)$$

Pengukuran ini bertujuan mengevaluasi efisiensi pemanfaatan sumber daya komputasi akibat perbedaan desain basis data.

Akurasi pelacakan aset dihitung berdasarkan rasio keberhasilan identifikasi tabung gas terhadap total permintaan pelacakan:

$$Accuracy = \frac{Correct Tracking}{Total Requests} \times 100\% \quad (4)$$

yang merepresentasikan efektivitas penggunaan identifikasi unik dalam sistem distribusi (Rampilo et al., 2024; Wang et al., 2024).

Selain evaluasi performa teknis, penelitian juga melakukan pengujian *usability* menggunakan *System Usability Scale (SUS)*. Metode *SUS* digunakan untuk mengukur kemudahan penggunaan, efisiensi interaksi, dan penerimaan pengguna terhadap sistem informasi. Nilai *usability* dihitung menggunakan:

$$SUS = \left(\sum Score_{adjusted} \right) \times 2,5 \quad (5)$$

sehingga menghasilkan skor *usability* pada rentang 0–100 (Behnam et al., 2023; Elias et al., 2022; Østervang et al., 2024).

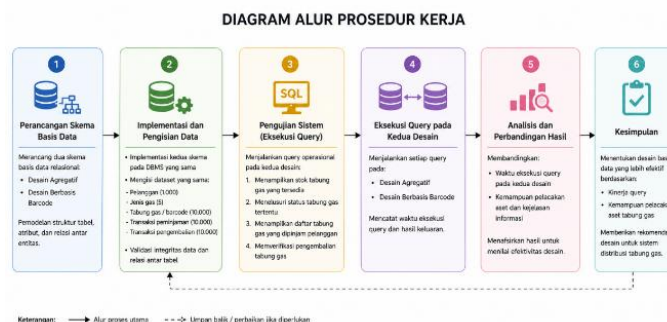
Analisis dilakukan secara komparatif dengan membandingkan seluruh metrik evaluasi antara kedua desain basis data pada lingkungan pengujian yang identik. Hasil analisis digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh struktur basis data terhadap performa *query*, efisiensi sumber daya, akurasi pelacakan, serta kualitas pengalaman pengguna dalam sistem distribusi tabung gas (Katafuchi et al., 2025; Luo et al., 2022; Østervang et al., 2024; Wu et al., 2023).

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian rekayasa berbasis *Design Science Research (DSR)* yang berfokus pada perancangan, pengembangan, dan evaluasi artefak teknologi berupa sistem basis data distribusi tabung gas. Penelitian bertujuan menghasilkan solusi teknis melalui pembangunan alternatif desain basis data serta pengujian empiris terhadap kinerja sistem yang dihasilkan. Pendekatan penelitian bersifat kuantitatif eksperimental dengan mengimplementasikan dua model basis data yang diuji menggunakan skenario transaksi identik untuk mengukur performa *query*, efisiensi penggunaan sumber daya, akurasi pelacakan aset, dan tingkat *usability* sistem. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya

melakukan analisis konseptual, tetapi juga menghasilkan artefak sistem nyata yang divalidasi melalui evaluasi performa dan pengujian pengguna secara terukur.

Prosedur Kerja



Gambar 1. Diagram Alur Prosedur Kerja

Prosedur kerja penelitian diawali dengan perancangan dua skema basis data relasional, yaitu desain agregatif dan desain berbasis identifikasi *barcode*. Kedua skema dikembangkan pada lingkungan sistem manajemen basis data yang sama untuk memastikan proses pengujian berlangsung secara adil. Pada tahap ini dilakukan pemodelan tabel, penentuan atribut, serta pembentukan relasi antar entitas sesuai kebutuhan sistem distribusi tabung gas. Tahap selanjutnya adalah implementasi dan pengisian *dataset* penelitian pada masing-masing desain basis data menggunakan data yang sama, meliputi data pelanggan, jenis gas, tabung gas, serta transaksi peminjaman dan pengembalian. Setelah pengisian data, dilakukan validasi untuk memastikan integritas data dan hubungan antar tabel berjalan dengan baik.

Pengujian kemudian dilakukan dengan menjalankan sejumlah *query* operasional, seperti menampilkan stok tabung gas, melacak status tabung tertentu, melihat daftar tabung yang dipinjam pelanggan, serta memverifikasi pengembalian tabung gas. Setiap *query* dijalankan pada kedua desain untuk membandingkan kinerja eksekusi dan kemampuan pelacakan data. Tahap akhir berupa analisis hasil pengujian dengan membandingkan waktu eksekusi *query* dan kejelasan informasi yang dihasilkan, guna menentukan desain basis data yang paling efektif dalam mendukung sistem distribusi tabung gas.

Data Penelitian

Tabel 1. Dataset

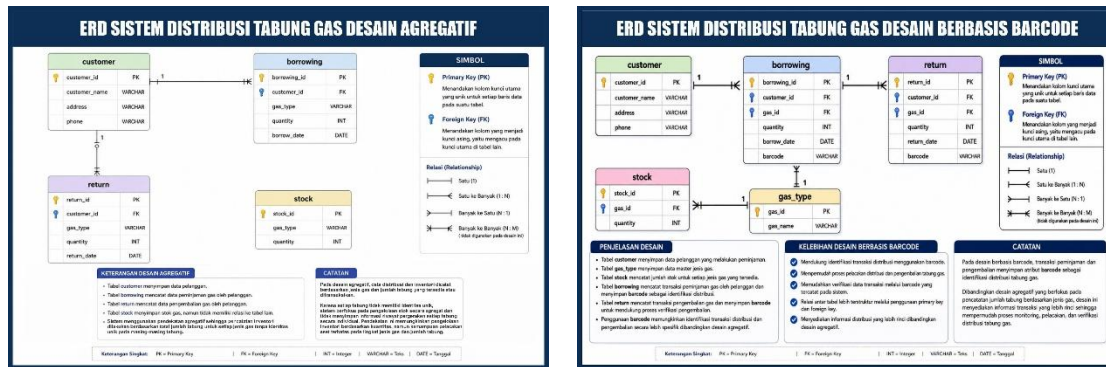
Tabel	Jumlah Record
Pelanggan	1.000
Jenis Gas	5
Tabung Gas	10.000
Transaksi Pinjam	10.000
Transaksi Kembali	10.000

Data penelitian menggunakan *dataset* simulasi yang merepresentasikan aktivitas operasional sistem distribusi tabung gas pada skala usaha kecil hingga menengah. *Dataset* dirancang untuk menggambarkan proses pengelolaan pelanggan, aset tabung gas, serta transaksi peminjaman dan pengembalian secara realistis sehingga pengujian dapat dilakukan secara terkontrol dan konsisten.

Dataset terdiri dari data pelanggan sebanyak 1.000 entitas, lima jenis gas, serta 10.000 tabung gas yang pada *design* berbasis *barcode* memiliki identitas unik untuk memungkinkan pelacakan secara individual. Selain data master, digunakan pula 10.000 transaksi peminjaman dan 10.000 transaksi pengembalian sebagai representasi aktivitas distribusi.

Seluruh *dataset* yang sama diterapkan pada kedua *design* basis data, yaitu *design* agregatif dan *design* berbasis *barcode*, untuk mendukung pelaksanaan berbagai skenario pengujian *query* operasional. Pendekatan ini bertujuan menghasilkan perbandingan yang objektif dalam menilai kinerja sistem dan kemampuan pelacakan aset pada masing-masing *design* basis data.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. ERD distribusi tabung gas desain berbasis Agregatif dan Barcode

Gambar 2 menunjukkan perbandingan *Entity Relationship Diagram* (ERD) antara desain basis data distribusi tabung gas berbasis agregatif dan desain berbasis barcode. Kedua desain memiliki entitas utama yang sama, yaitu *customer*, *borrowing*, *return*, dan *stock*. Perbedaan utama terletak pada mekanisme identifikasi aset yang digunakan. Desain agregatif menyimpan data berdasarkan jenis gas dan jumlah tabung tanpa identitas unik untuk setiap unit, sedangkan desain berbasis barcode menerapkan identifikasi unik pada setiap tabung serta menambahkan entitas *gas_type* sebagai referensi data master.

Pada desain agregatif, pencatatan transaksi difokuskan pada jumlah tabung yang dipinjam dan dikembalikan oleh pelanggan. Pendekatan ini menghasilkan struktur basis data yang lebih sederhana, namun memiliki keterbatasan dalam proses pelacakan aset karena sistem tidak dapat membedakan setiap tabung secara individual. Akibatnya, proses audit inventori, penelusuran kehilangan aset, dan verifikasi status tabung hanya dapat dilakukan pada tingkat agregat.

Sebaliknya, desain berbasis barcode memungkinkan setiap tabung direpresentasikan sebagai aset yang memiliki identitas unik. Penerapan barcode pada proses peminjaman dan pengembalian memungkinkan sistem menyimpan riwayat distribusi setiap tabung secara individual serta meningkatkan integritas data melalui hubungan yang lebih jelas antarentitas. Selain mendukung kemampuan *traceability*, struktur relasi yang lebih terorganisasi juga membantu sistem mengakses informasi secara lebih spesifik berdasarkan identitas tabung.

Secara konseptual, desain basis data berbasis barcode memberikan fondasi yang lebih kuat dibandingkan desain agregatif untuk mendukung kebutuhan distribusi tabung gas. Meskipun memiliki struktur relasi yang lebih kompleks, desain ini mampu menyediakan informasi yang lebih detail dan mendukung pengelolaan inventori yang lebih efektif. Selanjutnya, efektivitas kedua desain akan dievaluasi melalui pengujian kinerja query, throughput, penggunaan sumber daya, serta kemampuan pelacakan aset.



Gambar 3. Benchmark Q1 pada desain berbasis Agregatif dan Barcode

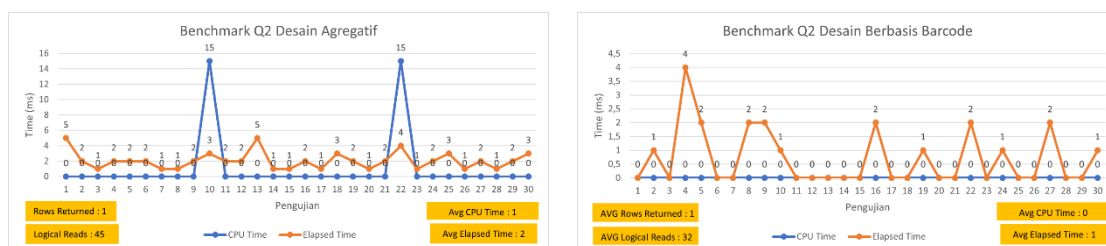
Gambar 3 menunjukkan hasil benchmark Q1 yang dilakukan sebanyak 30 kali pada desain basis data agregatif dan desain berbasis barcode. Kedua desain menghasilkan keluaran yang identik, yaitu empat baris data, sehingga perbandingan performa dapat dilakukan secara objektif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain agregatif menghasilkan rata-rata *CPU Time* sebesar 11,037 ms dan *Elapsed Time* sebesar 11,272 ms, sedangkan desain berbasis barcode hanya memerlukan *CPU Time* sebesar 4 ms dan *Elapsed Time* sebesar 7 ms. Hasil tersebut menunjukkan bahwa desain berbasis barcode mampu mengeksekusi query secara lebih cepat dibandingkan desain agregatif.

Perbedaan performa tersebut menunjukkan bahwa struktur basis data memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pemrosesan query. Pada desain berbasis barcode, identifikasi unik memungkinkan sistem mengakses data secara lebih spesifik sehingga proses pencarian informasi dapat dilakukan dengan lebih efisien. Sebaliknya, desain agregatif masih bergantung pada representasi data dalam bentuk kelompok stok dan transaksi yang memerlukan pemrosesan tambahan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa desain berbasis barcode menghasilkan jumlah *logical reads* yang lebih tinggi dibandingkan desain agregatif. Namun, peningkatan aktivitas pembacaan data tersebut tidak diikuti oleh peningkatan waktu eksekusi query. Temuan ini mengindikasikan bahwa performa sistem tidak hanya ditentukan oleh jumlah halaman data yang diakses, tetapi juga oleh efektivitas struktur relasi dan mekanisme akses data yang digunakan dalam basis data.

Dari perspektif operasional, kemampuan mengeksekusi query dengan lebih cepat memberikan keuntungan dalam proses monitoring distribusi, verifikasi transaksi, dan pengelolaan inventori. Identifikasi unik pada setiap tabung memungkinkan sistem menemukan informasi secara langsung tanpa memerlukan proses agregasi tambahan, sehingga waktu respons dapat dipertahankan pada tingkat yang lebih rendah.

Secara keseluruhan, hasil benchmark Q1 menunjukkan bahwa desain basis data berbasis barcode memberikan peningkatan performa yang signifikan dibandingkan desain agregatif. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan identifikasi unik tidak hanya meningkatkan kemampuan pelacakan aset, tetapi juga berkontribusi terhadap efisiensi pemrosesan data dalam sistem distribusi tabung gas.



Gambar 4. Benchmark Q2 pada desain berbasis Agregatif dan Barcode

Gambar 4 menunjukkan hasil benchmark Q2 yang dilakukan sebanyak 30 kali pada desain basis data agregatif dan desain berbasis barcode. Kedua desain menghasilkan satu baris data sehingga perbandingan dilakukan pada kondisi keluaran yang setara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain agregatif menghasilkan rata-rata *CPU Time* sebesar 1 ms dan *Elapsed Time* sebesar 2 ms dengan 45 *logical reads*, sedangkan desain berbasis barcode mencatat *CPU Time* sebesar 0 ms dan *Elapsed Time* sebesar 1 ms dengan 32 *logical reads*. Meskipun perbedaan waktu eksekusi relatif kecil, desain berbasis barcode tetap menunjukkan performa yang lebih baik.

Berdasarkan hasil pengujian, kedua desain memperlihatkan performa yang stabil selama 30 kali eksekusi. Namun, desain berbasis barcode menunjukkan tingkat konsistensi yang lebih tinggi dengan nilai *CPU Time* yang cenderung tetap pada setiap pengujian. Kondisi ini menunjukkan bahwa penerapan identifikasi unik memungkinkan sistem mengakses data secara lebih terarah sehingga proses pencarian informasi dapat dilakukan dengan lebih efisien.

Keunggulan desain barcode juga terlihat dari jumlah *logical reads* yang lebih rendah dibandingkan desain agregatif. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem membutuhkan lebih sedikit aktivitas pembacaan data untuk menghasilkan keluaran yang sama. Efisiensi akses data tersebut mengindikasikan bahwa struktur relasi yang lebih terorganisasi mampu mengurangi beban kerja sistem selama proses eksekusi query.

Secara keseluruhan, hasil benchmark Q2 menunjukkan bahwa desain basis data berbasis barcode memberikan performa yang lebih baik dari sisi konsistensi waktu eksekusi dan efisiensi akses data. Temuan ini memperkuat hasil benchmark sebelumnya bahwa penerapan identifikasi unik tidak hanya mendukung pelacakan aset, tetapi juga berkontribusi terhadap optimalisasi kinerja basis data pada sistem distribusi tabung gas.



Gambar 5. Benchmark Q3 pada desain berbasis Agregatif dan Barcode

Gambar 5 menunjukkan hasil benchmark Q3 yang dilakukan sebanyak 30 kali pada desain basis data agregatif dan desain berbasis barcode. Query ini menghasilkan 1.000 baris data pada kedua desain basis data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain agregatif menghasilkan rata-rata *CPU Time* sebesar 2 ms dan *Elapsed Time* sebesar 2 ms dengan 45 *logical reads*, sedangkan desain berbasis barcode mencatat *CPU Time* sebesar 1 ms dan *Elapsed Time* sebesar 2 ms dengan 37 *logical reads*. Meskipun kedua desain mampu memberikan waktu respons yang relatif sama, desain berbasis barcode menunjukkan efisiensi yang lebih baik dari sisi penggunaan sumber daya.

Berdasarkan hasil pengujian, kedua desain memperlihatkan performa yang stabil selama 30 kali eksekusi. Namun, desain berbasis barcode cenderung mempertahankan nilai *CPU Time* yang lebih rendah dibandingkan desain agregatif. Temuan ini menunjukkan bahwa struktur basis data berbasis barcode mampu mengelola proses pencarian dan pengambilan data secara lebih efisien meskipun jumlah data yang diproses cukup besar.

Keunggulan desain barcode juga terlihat dari jumlah *logical reads* yang lebih rendah dibandingkan desain agregatif. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu memperoleh informasi yang sama dengan aktivitas pembacaan data yang lebih sedikit. Efisiensi akses data tersebut mengindikasikan bahwa penerapan identifikasi unik dan struktur relasi yang lebih terorganisasi dapat membantu mengurangi beban kerja sistem ketika menangani data dalam jumlah besar.

Secara keseluruhan, hasil benchmark Q3 menunjukkan bahwa desain basis data berbasis barcode mampu mempertahankan efisiensi dan konsistensi performa pada pengolahan 1.000 data keluaran. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan identifikasi unik tidak hanya mendukung pelacakan aset, tetapi juga memberikan manfaat terhadap skalabilitas sistem dalam menghadapi pertumbuhan volume data pada distribusi tabung gas.



Gambar 6. Benchmark Q4 pada desain berbasis Agregatif dan Barcode

Gambar 6 menunjukkan hasil benchmark Q4 yang dilakukan sebanyak 30 kali pada desain basis data agregatif dan desain berbasis barcode. Query ini menghasilkan 10.000 baris data pada kedua desain sehingga merepresentasikan skenario pengujian dengan volume keluaran terbesar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain agregatif menghasilkan rata-rata *CPU Time* sebesar 12 ms dan *Elapsed Time* sebesar 97 ms dengan 52 *logical reads*, sedangkan desain berbasis barcode mencatat *CPU Time* sebesar 5 ms dan *Elapsed Time* sebesar 90 ms dengan 81 *logical reads*. Meskipun memproses jumlah data yang sama, desain berbasis barcode menunjukkan waktu pemrosesan yang lebih rendah dibandingkan desain agregatif.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain berbasis barcode mampu mempertahankan performa yang lebih baik pada beban kerja berskala besar. Rata-rata *CPU Time* yang lebih rendah mengindikasikan bahwa sistem membutuhkan sumber daya

komputasi yang lebih sedikit untuk menghasilkan keluaran yang sama. Temuan ini menunjukkan bahwa struktur basis data berbasis barcode memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menangani pertumbuhan volume data tanpa menyebabkan peningkatan beban pemrosesan yang signifikan.

Menariknya, desain barcode menghasilkan jumlah *logical reads* yang lebih tinggi dibandingkan desain agregatif, tetapi tetap mampu memberikan waktu respons yang lebih cepat. Kondisi ini menunjukkan bahwa jumlah halaman data yang dibaca tidak selalu menentukan performa query. Efisiensi eksekusi juga dipengaruhi oleh struktur relasi, pengelolaan akses data, dan kemampuan sistem dalam memanfaatkan informasi yang tersimpan secara lebih terorganisasi.

Secara keseluruhan, hasil benchmark Q4 menunjukkan bahwa desain basis data berbasis barcode memiliki tingkat skalabilitas yang lebih baik dibandingkan desain agregatif. Kemampuan mempertahankan waktu respons yang rendah pada pengolahan 10.000 data keluaran menunjukkan bahwa penerapan identifikasi unik berbasis barcode tidak hanya mendukung pelacakan aset, tetapi juga meningkatkan efisiensi sistem dalam menangani beban kerja operasional yang besar.



Gambar 7. Benchmark Q5 pada desain berbasis Agregatif dan Barcode

Gambar 7 menunjukkan hasil benchmark Q5 yang dilakukan sebanyak 30 kali pada desain basis data agregatif dan desain berbasis barcode. Query ini menghasilkan 1.230 baris data pada kedua desain sehingga perbandingan dilakukan pada kondisi keluaran yang identik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain agregatif menghasilkan rata-rata *CPU Time* sebesar 35 ms dan *Elapsed Time* sebesar 118 ms dengan 90 *logical reads*. Sementara itu, desain berbasis barcode mencatat *CPU Time* sebesar 75 ms dan *Elapsed Time* sebesar 101 ms dengan 81 *logical reads*. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua desain memiliki karakteristik performa yang berbeda dalam menangani query dengan kompleksitas yang lebih tinggi.

Berbeda dengan hasil benchmark sebelumnya, desain berbasis barcode membutuhkan *CPU Time* yang lebih tinggi dibandingkan desain agregatif. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses pencarian dan pengelolaan data pada desain barcode memerlukan komputasi tambahan akibat penggunaan identifikasi unik dan relasi yang lebih kompleks. Namun demikian, peningkatan penggunaan CPU tersebut tidak berdampak pada penurunan kualitas layanan yang diterima pengguna.

Meskipun membutuhkan sumber daya komputasi yang lebih besar, desain berbasis barcode tetap menghasilkan *Elapsed Time* yang lebih rendah serta jumlah *logical reads* yang lebih sedikit dibandingkan desain agregatif. Temuan ini menunjukkan bahwa efisiensi sistem tidak hanya ditentukan oleh penggunaan CPU, tetapi juga oleh efektivitas struktur basis data dalam mengelola akses data. Struktur relasi yang lebih terorganisasi memungkinkan proses pengambilan informasi berlangsung lebih cepat meskipun memerlukan pemrosesan internal yang lebih intensif.

Secara keseluruhan, hasil benchmark Q5 menunjukkan adanya *trade-off* antara penggunaan sumber daya CPU dan kecepatan respons sistem. Desain agregatif lebih efisien dalam penggunaan CPU, sedangkan desain berbasis barcode lebih unggul dalam waktu respons dan efisiensi akses data. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan identifikasi unik berbasis barcode tetap memberikan keuntungan dalam mendukung kebutuhan sistem distribusi tabung gas, terutama pada aspek kecepatan akses informasi dan efektivitas pengelolaan aset.



Gambar 8. Hasil Perhitungan Throughput

Gambar 8 menunjukkan hasil perhitungan throughput pada lima skenario pengujian query (Q1–Q5) untuk membandingkan kemampuan pemrosesan data antara desain basis data agregatif dan desain berbasis barcode. Throughput merepresentasikan jumlah data yang dapat diproses sistem dalam satuan waktu tertentu (*data/ms*), sehingga nilai yang lebih tinggi menunjukkan kapasitas pemrosesan yang lebih baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain berbasis barcode menghasilkan throughput yang lebih tinggi pada sebagian besar skenario, yaitu Q1, Q2, Q4, dan Q5, sedangkan pada Q3 kedua desain menghasilkan nilai yang setara.

Peningkatan throughput pada desain berbasis barcode menunjukkan bahwa penerapan identifikasi unik mampu mendukung proses pencarian dan pengambilan data secara lebih efisien. Struktur data yang lebih terorganisasi memungkinkan sistem mengakses informasi secara lebih cepat sehingga jumlah data yang dapat diproses dalam satuan waktu menjadi lebih besar. Keunggulan ini terlihat terutama pada query yang melibatkan proses transaksi dan akses data dalam jumlah besar, di mana desain barcode mampu mempertahankan kapasitas pemrosesan yang lebih tinggi dibandingkan desain agregatif.

Meskipun kedua desain menunjukkan throughput yang sama pada Q3, hasil pengujian secara keseluruhan memperlihatkan bahwa keunggulan desain barcode semakin terlihat pada skenario dengan beban kerja yang lebih kompleks. Temuan ini menunjukkan bahwa penambahan identifikasi unik tidak menurunkan kemampuan sistem dalam memproses data, tetapi justru dapat meningkatkan efisiensi pemrosesan apabila didukung oleh struktur relasi yang dirancang dengan baik.

Dari perspektif sistem distribusi tabung gas, throughput yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan sistem untuk menangani lebih banyak aktivitas operasional dalam waktu yang sama, seperti pencatatan distribusi, pengembalian tabung, verifikasi stok, dan pelacakan aset. Secara keseluruhan, hasil pengujian throughput menunjukkan bahwa desain basis data berbasis barcode memiliki kapasitas pemrosesan yang lebih baik dibandingkan desain agregatif. Temuan ini memperkuat hasil benchmark sebelumnya bahwa penerapan identifikasi unik berbasis barcode mampu mendukung kebutuhan sistem distribusi tabung gas yang memerlukan kecepatan akses data, skalabilitas, dan kemampuan pelacakan aset secara individual.

ANALISIS RESOURCE USAGE						
QUERY	CPU TIME (ms)			LOGICAL READS (pages)		
	DESAIN AGREGATIF (ms)	DESAIN BERBASIS BARCODE (ms)	PEMENANG	DESAIN AGREGATIF (pages)	DESAIN BERBASIS BARCODE (pages)	PEMENANG
Q1	11.037	4	BARCODE	92	306	AGREGATIF
Q2	1	0	BARCODE	45	32	BARCODE
Q3	2	1	BARCODE	45	37	BARCODE
Q4	12	5	BARCODE	52	81	AGREGATIF
Q5	35	75	AGREGATIF	90	81	BARCODE

Gambar 9. Analisis Resource Usage

Gambar 9 menunjukkan hasil analisis penggunaan sumber daya sistem berdasarkan dua metrik utama, yaitu *CPU Time* dan *Logical Reads* pada lima skenario pengujian query (Q1–

Q5). Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi pemanfaatan sumber daya pada desain basis data agregatif dan desain berbasis barcode. Secara umum, desain berbasis barcode menunjukkan penggunaan *CPU Time* yang lebih rendah pada sebagian besar skenario pengujian, yang mengindikasikan bahwa penerapan identifikasi unik mampu mendukung proses akses dan pengelolaan data secara lebih efisien. Namun, pada Q5 desain barcode menghasilkan *CPU Time* yang lebih tinggi, menunjukkan bahwa beberapa query dengan relasi yang lebih kompleks memerlukan beban komputasi tambahan.

Dari aspek *Logical Reads*, hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak terdapat satu desain yang selalu unggul pada seluruh skenario. Desain barcode menghasilkan jumlah pembacaan data yang lebih rendah pada Q2, Q3, dan Q5, sedangkan desain agregatif lebih efisien pada Q1 dan Q4. Temuan ini menunjukkan bahwa jumlah halaman data yang diakses sangat dipengaruhi oleh karakteristik query dan struktur relasi yang digunakan. Penambahan relasi untuk mendukung identifikasi unik dapat meningkatkan akses data pada kondisi tertentu, tetapi juga mampu mengurangi pembacaan data pada skenario lainnya.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa jumlah *Logical Reads* tidak selalu berbanding lurus dengan waktu eksekusi query. Pada beberapa pengujian, desain barcode menghasilkan *logical reads* yang lebih tinggi namun tetap mampu memberikan waktu respons yang lebih cepat. Kondisi ini mengindikasikan bahwa performa sistem tidak hanya dipengaruhi oleh banyaknya data yang diakses, tetapi juga oleh efektivitas struktur basis data dalam mengelola relasi dan proses pencarian informasi.

Secara keseluruhan, hasil analisis *resource usage* menunjukkan bahwa desain basis data berbasis barcode mampu mempertahankan efisiensi penggunaan sumber daya sekaligus menyediakan kemampuan pelacakan aset yang lebih baik dibandingkan desain agregatif. Temuan ini memperkuat hasil benchmark dan pengujian throughput sebelumnya bahwa penerapan identifikasi unik berbasis barcode merupakan pendekatan yang efektif untuk mendukung kebutuhan sistem distribusi tabung gas yang memerlukan kinerja dan akurasi informasi secara bersamaan.

ANALISIS KEMAMPUAN PELACAKAN ASET DAN KEJELASAN INFORMASI		
ASPEK INFORMASI	DESAIN AGREGATIF	DESAIN BERBASIS BARCODE
Jenis Gas	✓	✓
Jumlah Tabung	✓	✓
Data Pelanggan	✓	✓
Identitas Unik Tabung	—	✓
Barcode Tabung	—	✓
Status Peminjaman	Terbatas	✓
Status Pengembalian	Terbatas	✓
Riwayat Transaksi Aset	—	✓

Gambar 10. Analisis Kemampuan Pelacakan Aset dan Kejelasan Informasi

Gambar 10 menunjukkan perbandingan kemampuan pelacakan aset dan kejelasan informasi antara desain basis data agregatif dan desain berbasis barcode. Evaluasi dilakukan terhadap delapan aspek informasi yang relevan dalam sistem distribusi tabung gas, meliputi jenis gas, jumlah tabung, data pelanggan, identitas unik tabung, barcode, status peminjaman, status pengembalian, dan riwayat transaksi aset. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua desain mampu menyediakan informasi dasar terkait inventori dan pelanggan. Namun, desain agregatif tidak mampu menyediakan informasi identitas unik tabung, barcode, maupun riwayat aset secara individual.

Keterbatasan tersebut menyebabkan proses pelacakan pada desain agregatif hanya dapat dilakukan pada tingkat jumlah tabung dan transaksi secara umum. Sistem tidak dapat mengidentifikasi tabung tertentu yang sedang dipinjam, telah dikembalikan, atau mengalami kehilangan. Sebaliknya, desain berbasis barcode mampu merepresentasikan setiap tabung sebagai aset yang memiliki identitas unik dan terhubung dengan seluruh aktivitas distribusi. Dengan demikian, status dan riwayat setiap tabung dapat ditelusuri secara rinci selama siklus distribusi berlangsung.

Penerapan identifikasi unik berbasis barcode secara signifikan meningkatkan tingkat *traceability* dan kualitas informasi yang dihasilkan sistem. Informasi yang tersedia tidak hanya menunjukkan jumlah stok, tetapi juga mampu menjelaskan lokasi, status, serta riwayat

penggunaan setiap aset. Kemampuan ini mendukung proses audit inventori, monitoring distribusi, dan verifikasi transaksi secara lebih akurat dibandingkan pendekatan agregatif.

Temuan ini melengkapi hasil pengujian performa sebelumnya dan menunjukkan bahwa penerapan identifikasi unik tidak hanya mempertahankan kinerja sistem, tetapi juga meningkatkan kualitas informasi yang dibutuhkan dalam pengelolaan distribusi tabung gas.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil melakukan evaluasi desain basis data relasional untuk sistem distribusi tabung gas dengan membandingkan pendekatan agregatif dan pendekatan berbasis identifikasi unik menggunakan barcode. Hasil perancangan menunjukkan bahwa desain berbasis barcode memiliki struktur relasi yang lebih terorganisasi dan mampu merepresentasikan setiap tabung gas sebagai aset yang dapat ditelusuri secara individual. Berdasarkan hasil pengujian benchmark Q1–Q5, desain berbasis barcode secara umum menghasilkan waktu eksekusi query yang lebih cepat dibandingkan desain agregatif. Selain itu, hasil pengujian throughput menunjukkan bahwa desain barcode memiliki kapasitas pemrosesan data yang lebih tinggi pada sebagian besar skenario pengujian, sementara analisis penggunaan sumber daya menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan pelacakan aset tidak menyebabkan penurunan kinerja sistem secara signifikan. Dari aspek fungsional, penerapan identifikasi unik berbasis barcode terbukti meningkatkan kemampuan *traceability* dan kualitas informasi yang dihasilkan sistem. Desain barcode mampu menyediakan informasi terkait identitas tabung, status peminjaman, status pengembalian, serta riwayat transaksi aset yang tidak dapat diperoleh pada desain agregatif. Kemampuan tersebut mendukung proses monitoring distribusi, pengendalian inventori, audit aset, dan pengambilan keputusan operasional secara lebih akurat. Dengan demikian, desain basis data berbasis barcode dapat dinyatakan lebih efektif dibandingkan desain agregatif untuk mendukung kebutuhan sistem distribusi tabung gas modern yang memerlukan kecepatan akses data, skalabilitas, dan kemampuan pelacakan aset secara individual. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan desain yang diusulkan dengan mengintegrasikan teknologi identifikasi otomatis lainnya, seperti RFID atau Internet of Things (IoT), serta melakukan pengujian pada lingkungan operasional nyata dengan volume data dan jumlah transaksi yang lebih besar untuk memperoleh gambaran performa yang lebih komprehensif.

REFERENSI

- Ali Milaat, F., & Lubell, J. (2024). Layered Security Guidance for Data Asset Management in Additive Manufacturing. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 24(7). <https://doi.org/10.1115/1.4064128>
- Alsuhbany, S. A. (2025). Innovative QR Code System for Tamper-Proof Generation and Fraud-Resistant Verification. *Sensors*, 25(13), 3855. <https://doi.org/10.3390/s25133855>
- Angles, R., Arenas-Salinas, M., Garcia, R., & Ingram, B. (2024). An optimized relational database for querying structural patterns in proteins. *Database*, 2024. <https://doi.org/10.1093/database/baad093>
- Behnam, F., khajouei, R., Nabizadeh, A. H., Saedi, S., & Ghaemi, M. M. (2023). Usability evaluation of emergency information systems in educational hospitals in Kerman, Iran. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 23(1), 277. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02357-3>
- Dhruva, S. S., Ridgeway, J. L., Ross, J. S., Drozda, J., Joseph P., & Wilson, N. A. (2023). Exploring unique device identifier implementation and use for real-world evidence: a mixed-methods study with NESTcc health system network collaborators. *BMJ Surgery, Interventions, & Health Technologies*, 5(1), e000167. <https://doi.org/10.1136/bmjst-2022-000167>
- Elias, H. I., Langa, J. C., Braga, J. M., Nukeri, Z., Rossetto, E. V., & Baltazar, C. S. (2022). Evaluation of the health information system for monitoring and evaluating the voluntary medical male circumcision program in Mozambique, 2013–2019. *Pan African Medical Journal*, 42. <https://doi.org/10.11604/pamj.2022.42.236.28534>
- Guo, H., Xu, W., Lin, M., Zhang, X., & Liu, P. (2025). Design of a Blockchain-Enabled Traceability System for *Pleurotus ostreatus* Supply Chains. *Foods*, 14(22), 3959. <https://doi.org/10.3390/foods14223959>

- Katafuchi, Y., Li, X., Moran, D., Yamada, T., Fujii, H., & Kanemoto, K. (2025). Construction of an enterprise-level global supply chain database. *Nature Communications*, *16*(1), 11158. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-66083-2>
- Koreeda, T., Honda, H., & Onami, J. (2024). Snowflake Data Warehouse for Large-Scale and Diverse Biological Data Management and Analysis. *Genes*, *16*(1), 34. <https://doi.org/10.3390/genes16010034>
- Kumler, W., LaRue, S., & Ingalls, A. E. (2025). Storing Mass-Spectrometry Data in Simple Databases Enables Flexible and Intuitive Exploration without Time or Space Penalties. *Journal of Proteome Research*, *24*(12), 6174–6185. <https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.5c00721>
- Luo, J., Wang, Y., Zhang, Y., Yan, X., Huang, X., & Zhao, F. (2022). Research, development, and evaluation of the practical effect of a storage inflow and outflow management system for consumables in the endocrinology department of a hospital. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, *22*(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01744-y>
- Mezquita, Y., Podgorelec, B., Gil-González, A. B., & Corchado, J. M. (2023). Blockchain-Based Supply Chain Systems, Interoperability Model in a Pharmaceutical Case Study. *Sensors*, *23*(4), 1962. <https://doi.org/10.3390/s23041962>
- Mohundro, M., Greene, T., Moore, C., Jones, J., Goldblatt, C., Nelkin, H., & Hays, A. (2025). Impact of an enterprise controlled substance management system on labor and inventory costs. *American Journal of Health-System Pharmacy*, *82*(8), 427–434. <https://doi.org/10.1093/ajhp/zxae305>
- Neve, B. V., & Schmidt, C. P. (2022). Point-of-use hospital inventory management with inaccurate usage capture. *Health Care Management Science*, *25*(1), 126–145. <https://doi.org/10.1007/s10729-021-09573-1>
- Østervang, C., Jensen, C. M., Coyne, E., Dieperink, K. B., & Lassen, A. (2024). Usability and Evaluation of a Health Information System in the Emergency Department: Mixed Methods Study. *JMIR Human Factors*, *11*, e48445. <https://doi.org/10.2196/48445>
- Parrino, S., Peruzzi, G., & Pozzebon, A. (2021). LoPATraN: Low Power Asset Tracking by Means of Narrow Band IoT (NB-IoT) Technology. *Sensors*, *21*(11), 3772. <https://doi.org/10.3390/s21113772>
- Rampilo, M., Phalane, E., & Phaswana-Mafuya, R. N. (2024). Piloting the Inclusion of the Key Populations Unique Identifier Code in the South African Routine Health Information Management System: Protocol for a Multiphased Study. *JMIR Research Protocols*, *13*, e55092. <https://doi.org/10.2196/55092>
- Sanderson, L.-A., Caron, C. T., Tan, R. L., & Bett, K. E. (2021). A PostgreSQL Tripal solution for large-scale genotypic and phenotypic data. *Database: The Journal of Biological Databases and Curation*, *2021*. <https://doi.org/10.1093/database/baab051>
- Shen, J., Bu, F., Ye, Z., Zhang, M., Ma, Q., Yan, J., & Huang, T. (2024). Management of drug supply chain information based on "artificial intelligence + vendor managed inventory" in China: perspective based on a case study. *Frontiers in Pharmacology*, *15*. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1373642>
- Wang, Y., Zhang, Y., & Zhang, L. (2024). Developing a digital management system for museum collections using RFID and enhanced GIS technology. *PeerJ Computer Science*, *10*, e2462. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2462>
- Wu, D. T. Y., Hanauer, D., Murdock, P., Vydiswaran, V. G. V., Mei, Q., & Zheng, K. (2023). Developing a Semantically Based Query Recommendation for an Electronic Medical Record Search Engine: Query Log Analysis and Design Implications. *JMIR Formative Research*, *7*, e45376. <https://doi.org/10.2196/45376>
- Zrelli, I., & Rejeb, A. (2024). A bibliometric analysis of IoT applications in logistics and supply chain management. *Heliyon*, *10*(16), e36578. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36578>