

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI DATA WAREHOUSE PENJUALAN BERBASIS STAR SCHEMA

Isro Dallalkhaq, Erna Daniati, Dwi Harini

Sistem Informasi, Universitas Nusantara PGRI Kediri
Jl. KH Ahmad Dahlan No. 76, Mojoroto, Kota Kediri
isrokdallalkhaq@gmail.com

ABSTRAK

Pengelolaan data penjualan yang masih tersebar pada berkas transaksi harian sering menyebabkan proses pelaporan lambat, rawan duplikasi, dan sulit digunakan untuk melihat tren bisnis. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan data warehouse berbasis star schema untuk mendukung analisis penjualan berdasarkan dimensi waktu, produk, pelanggan, lokasi, dan promosi. Metode penelitian meliputi identifikasi kebutuhan informasi, analisis data sumber, perancangan tabel fakta dan dimensi, proses extract, transform, load (ETL), implementasi dashboard, serta evaluasi query dan fungsionalitas. Data evaluasi berupa data simulasi sebanyak 24.000 baris detail yang merepresentasikan 6.000 transaksi selama Januari 2023 sampai Desember 2024. Hasil implementasi menghasilkan satu tabel fakta dan lima tabel dimensi yang mampu menyajikan tren omzet bulanan, produk terlaris, kontribusi cabang, segmentasi pelanggan, dan efektivitas promosi. Evaluasi dilakukan melalui lima skenario query analitik dan sepuluh skenario pengujian fungsional black-box. Seluruh skenario query menghasilkan agregasi yang konsisten dengan data sumber simulasi, sedangkan seluruh fungsi dashboard memenuhi keluaran yang diharapkan dengan tingkat keberhasilan 100% (10 dari 10 skenario). Hasil tersebut menunjukkan bahwa star schema dapat menjadi dasar sistem business intelligence yang sederhana, terukur, dan mudah dikembangkan.

Kata kunci : Data warehouse, Star schema, ETL, Penjualan, Business intelligence, OLAP

1. PENDAHULUAN

Perkembangan transaksi digital membuat data penjualan bertambah cepat dari hari ke hari. Data tersebut biasanya berasal dari kasir, marketplace, spreadsheet, dan catatan operasional cabang. Apabila data hanya disimpan sebagai arsip transaksi, pihak manajemen akan kesulitan menjawab pertanyaan penting seperti produk apa yang paling diminati, wilayah mana yang memberikan kontribusi tertinggi, dan kapan terjadi penurunan omzet. Kondisi ini menunjukkan bahwa data operasional perlu diolah menjadi informasi analitik yang mudah dibaca.

Data warehouse merupakan pendekatan penyimpanan data historis yang dirancang untuk kebutuhan analisis dan pelaporan. Berbeda dengan basis data transaksi yang berfokus pada pencatatan harian, data warehouse menata data agar dapat dianalisis dari banyak sudut pandang. Pada konteks penjualan, analisis dapat dilakukan berdasarkan waktu, produk, pelanggan, lokasi, dan promosi. Konsep ini selaras dengan pemrosesan analitik online atau online analytical processing (OLAP) yang memungkinkan pengguna melihat data bisnis dari berbagai dimensi.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa data warehouse dengan star schema dapat membantu proses pengambilan keputusan. Penelitian pada industri garmen menerapkan ETL dan star schema untuk menganalisis pola penjualan serta produk yang diminati konsumen [1].

Penelitian pada sektor properti menunjukkan bahwa rancangan tabel fakta dan dimensi dapat membantu perusahaan mengevaluasi lokasi, harga,

dan strategi bisnis [2]. Penelitian lain pada transaksi penjualan ritel juga menggunakan metode nine-step dan star schema untuk membentuk laporan manajerial [3].

Star schema dipilih karena permasalahan penelitian berpusat pada satu proses bisnis utama, yaitu penjualan, dan pengguna membutuhkan struktur query yang ringkas serta mudah dipahami. Dibandingkan snowflake schema, star schema mempertahankan tabel dimensi dalam bentuk relatif denormalisasi sehingga jumlah join lebih sedikit dan penyusunan dashboard lebih sederhana, meskipun redundansi atributnya lebih tinggi. Sementara itu, fact constellation lebih tepat digunakan ketika organisasi memiliki beberapa proses bisnis dan beberapa tabel fakta yang berbagi dimensi. Karena rancangan ini hanya menggunakan satu tabel fakta penjualan dan lima tabel dimensi, star schema dinilai sebagai model yang paling proporsional untuk kebutuhan analisis penelitian [11].

Berdasarkan permasalahan tersebut, artikel ini membahas perancangan data warehouse berbasis star schema untuk analisis penjualan. Fokus penelitian adalah menghasilkan model konseptual dan logis yang dapat digunakan sebagai dasar implementasi. Luaran utama berupa rancangan tabel fakta, tabel dimensi, alur ETL, serta contoh visualisasi dashboard. Artikel ini diharapkan dapat menjadi referensi awal bagi pengembangan sistem business intelligence pada usaha ritel atau organisasi yang memiliki data transaksi penjualan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Data Warehouse

Data warehouse adalah kumpulan data terintegrasi yang disusun untuk membantu proses analisis, pelaporan, dan pengambilan keputusan. Dalam praktiknya, data warehouse menggabungkan data dari berbagai sumber, membersihkan data yang tidak konsisten, kemudian menyimpannya dalam struktur yang lebih sesuai untuk query analitik. Penelitian pada CV Sumber Tirta Anugerah menunjukkan bahwa data warehouse diperlukan ketika data transaksi penjualan bertambah besar dan laporan historis sulit dibuat secara manual [3].

Karakter penting data warehouse adalah berorientasi subjek, terintegrasi, memiliki rentang waktu, dan relatif stabil. Berorientasi subjek berarti data dikelompokkan sesuai kebutuhan bisnis, misalnya penjualan atau persediaan. Terintegrasi berarti data dari berbagai sumber dibuat konsisten. Rentang waktu menunjukkan bahwa data disimpan secara historis, sedangkan stabil berarti data yang sudah masuk ke gudang data tidak sering berubah seperti pada sistem transaksi harian.

2.2. Star Schema

Star schema merupakan model dimensional yang menempatkan tabel fakta di tengah dan tabel dimensi di sekelilingnya. Tabel fakta menyimpan ukuran numerik seperti jumlah barang terjual, omzet, diskon, dan laba. Tabel dimensi menyimpan atribut penjelas seperti nama produk, kategori, tanggal, cabang, dan segmen pelanggan. Struktur tersebut membuat query lebih sederhana karena pengguna cukup menghubungkan tabel fakta dengan dimensi yang dibutuhkan.

Hasil penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa star schema banyak digunakan dalam data mart dan data warehouse karena mudah dipahami serta sesuai dengan kebutuhan laporan multidimensi. Tan dkk. menerapkan star schema bersama ETL pada industri garmen untuk melihat pola penjualan cabang dan produk [1].

Wijaya dkk. menggunakan tabel dimensi dan tabel fakta pada industri properti untuk mendukung keputusan lokasi dan strategi bisnis [2].

Samantha dkk. melaporkan bahwa rancangan data mart berbasis star schema mampu meningkatkan efisiensi waktu laporan dan kualitas data [4].

2.3. ETL

ETL adalah proses extract, transform, load. Tahap extract mengambil data dari sistem sumber seperti file spreadsheet, database transaksi, atau aplikasi kasir. Tahap transform membersihkan dan menyeragamkan data, misalnya menghapus duplikasi, mengubah format tanggal, memperbaiki nilai kosong, dan membuat surrogate key. Tahap load memasukkan data yang sudah valid ke dalam tabel dimensi dan tabel fakta.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ETL menjadi bagian penting dalam implementasi data warehouse. Pada penelitian garmen dan properti, Pentaho Data Integration digunakan untuk mengelola dan membersihkan data sebelum dianalisis [1], [2].

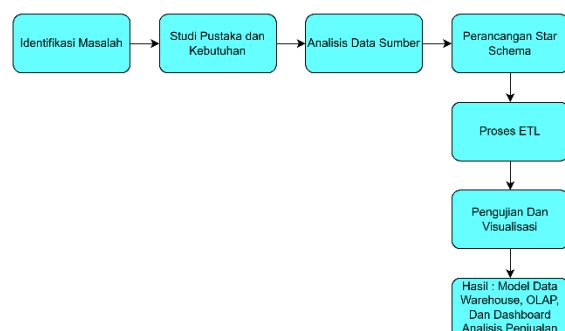
Pada penelitian transaksi penjualan, proses ETL menghubungkan data produk, cabang, waktu, dan transaksi ke dalam fakta penjualan sehingga laporan dapat dibuat dari data yang lebih terstruktur [3].

2.4. OLAP Dan Business Intelligence

OLAP digunakan untuk melakukan analisis multidimensi pada data berukuran besar. Melalui OLAP, pengguna dapat melakukan roll-up, drill-down, slice, dan dice untuk melihat informasi dari level ringkas hingga detail. Pada analisis penjualan, pimpinan dapat melihat total omzet tahunan, menelusuri omzet per bulan, membandingkan kategori produk, atau menyaring cabang tertentu. Business intelligence mengubah data yang sudah disimpan dalam data warehouse menjadi informasi yang mudah dipahami melalui laporan dan dashboard. Visualisasi seperti grafik tren penjualan, peringkat produk, dan kontribusi wilayah membantu pengguna nonteknis memahami kondisi bisnis tanpa harus menulis query SQL secara langsung.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan pendekatan perancangan dan evaluasi prototipe data warehouse. Tahapan penelitian dimulai dari identifikasi kebutuhan informasi, studi pustaka, analisis karakteristik data sumber, perancangan star schema, proses ETL, pengujian query analitik, dan pengujian fungsional black-box. Data yang digunakan merupakan data simulasi yang mewakili transaksi penjualan, data produk, pelanggan, cabang, dan promosi sehingga konsistensi rancangan dapat dievaluasi tanpa menggunakan data rahasia organisasi.



Gambar 1. Alur Penelitian

Kebutuhan informasi ditentukan berdasarkan pertanyaan bisnis yang umum muncul pada proses penjualan, yaitu total omzet per periode, produk dengan penjualan tertinggi, cabang dengan kontribusi terbesar, pelanggan paling aktif, dan efektivitas promosi. Pertanyaan tersebut kemudian diterjemahkan menjadi kebutuhan dimensi dan ukuran. Dimensi yang

digunakan meliputi dimensi waktu, produk, pelanggan, lokasi, dan promosi. Ukuran yang digunakan meliputi jumlah transaksi, kuantitas, omzet, diskon, dan laba.

Gambar 1 menjelaskan tahapan penelitian dari identifikasi masalah sampai visualisasi. Tahapan tersebut dibuat berurutan agar rancangan data warehouse tidak hanya berfokus pada tabel, tetapi juga memperhatikan kebutuhan informasi dan kualitas data sebelum dimuat ke sistem analitik.

3.1. Perancangan Kebutuhan Data

Data sumber terdiri dari data transaksi penjualan, data master produk, data pelanggan, data cabang, dan data promosi. Untuk membentuk skenario evaluasi yang terukur, data simulasi disusun untuk periode 24 bulan, yaitu Januari 2024 sampai Desember 2025. Data transaksi menggunakan tingkat detail satu baris untuk satu item produk pada satu nomor transaksi. Karakteristik setiap sumber data ditunjukkan pada Tabel 1

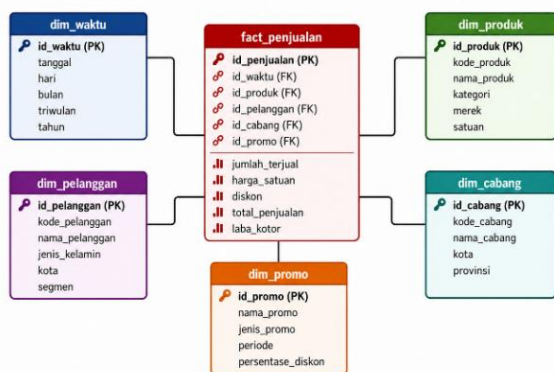
Tabel 1. Karakteristik Data Sumber Simulasi

No.	Jenis Data	Jumlah	Periode/Cakupan	Atribut Utama
1	Transaksi penjualan	1.248 transaksi	Januari 2024–Desember 2025	Tanggal, nomor transaksi, produk, pelanggan, cabang, jumlah, harga, dan diskon
2	Produk	100 produk	Produk aktif	Kode, nama, kategori, merek, dan harga
3	Pelanggan	500 pelanggan	Pelanggan yang bertransaksi	Kode, nama, segmen, dan wilayah
4	Cabang	5 cabang	Wilayah penjualan	Kode, nama cabang, kota, dan provinsi
5	Promosi	24 promosi	Periode dua tahun	Kode, jenis, periode, dan persentase diskon

Berdasarkan Tabel 1, data simulasi mencakup transaksi penjualan selama Januari 2024 sampai Desember 2025. Data tersebut terdiri atas transaksi penjualan, produk, pelanggan, cabang, dan promosi. Seluruh data diperiksa berdasarkan kelengkapan, konsistensi kode, format tanggal, dan kemungkinan duplikasi sebelum dimuat ke dalam *data warehouse*.

3.2. Perancangan Star Schema

Perancangan star schema dilakukan dengan menentukan grain atau tingkat detail tabel fakta. Grain yang digunakan adalah satu baris fakta untuk satu item produk pada satu transaksi. Dengan grain tersebut, analisis dapat dilakukan secara detail sampai level produk, kemudian diringkas berdasarkan bulan, kategori, cabang, atau segmen pelanggan.

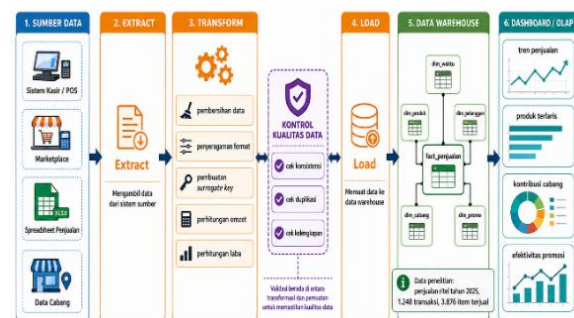


Gambar 2. Rancangan Star Schema Penjualan

Gambar 2 memperlihatkan table fakta_penjualan sebagai pusat model. Tabel fakta menyimpan foreign key ke setiap dimensi dan ukuran numerik. Dimensi waktu, produk, lokasi, pelanggan, dan promosi mengelilingi tabel fakta sehingga proses query dapat dilakukan sesuai kebutuhan analisis.

3.3. Proses ETL

Proses ETL dirancang untuk memindahkan data operasional ke data warehouse. Pada tahap extract, data diambil dari sistem sumber. Pada tahap transform, data dibersihkan, diseragamkan, dibuat surrogate key, dan dihitung ukuran seperti omzet serta laba. Pada tahap load, data dimuat ke tabel dimensi terlebih dahulu, kemudian ke tabel fakta agar referensi antar tabel tetap konsisten.



Gambar 3. Arsitektur ETL dan Dashboard

Gambar 3 menunjukkan aliran dari sumber data menuju dashboard. Kontrol kualitas ditempatkan di tengah proses karena hasil visualisasi hanya dapat dipercaya apabila data yang dimuat sudah melewati pengecekan konsistensi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Rancangan Tabel Dimensi Dan Fakta

Hasil implementasi menghasilkan lima tabel dimensi dan satu tabel fakta. Dengan grain satu item produk pada satu transaksi, sebanyak 24.000 baris detail simulasi dimuat ke FAKTA_PENJUALAN. Tabel dimensi menjadi sudut pandang analisis, sedangkan tabel fakta menjadi pusat perhitungan kuantitas, omzet, diskon, dan laba. Struktur ini dapat dikembangkan pada MySQL, PostgreSQL, SQL Server, atau sistem basis data relasional lain yang mendukung integritas foreign key.

Tabel 2. Rancangan table data warehouse

Tabel	Atribut Utama	Keterangan
DIM_WAKTU	sk_waktu, tanggal, bulan, kuartal, tahun	Analisis berdasarkan periode
DIM_PRODUK	sk_produk, kode_produk, nama, kategori, merek	Analisis produk dan kategori
DIM_PELANGGAN	sk_pelanggan, kode_pelanggan, segmen, wilayah	Analisis perilaku pelanggan
DIM_LOKASI	sk_lokasi, cabang, kota, provinsi, wilayah	Analisis cabang dan area
DIM_PROMO	sk_promo, kode_promo, jenis, periode	Analisis efektivitas promo
FAKTA_PENJUALAN	sk_waktu, sk_produk, sk_pelanggan, sk_lokasi, sk_promo, qty, omzet, laba	Pusat ukuran penjualan

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa setiap dimensi memiliki surrogate key sebagai penghubung ke tabel fakta. Penggunaan surrogate key memisahkan kunci analitik dari kunci operasional dan memudahkan pengelolaan perubahan atribut pada masa mendatang, misalnya perubahan kategori produk, segmen pelanggan, atau wilayah cabang.

4.2. Contoh Hasil Analisis

Hasil analisis dibentuk dari data simulasi selama 24 bulan. Dashboard merangkum 24.000 baris detail menjadi indikator total omzet, jumlah transaksi, kuantitas terjual, dan laba, kemudian menguraikannya berdasarkan bulan, produk, cabang, pelanggan, dan

promosi. Penyajian tersebut memperlihatkan bahwa data rinci tetap dapat ditelusuri sekaligus diringkas sesuai kebutuhan manajemen.

Pada analisis tren bulanan, perubahan omzet dapat dibandingkan dengan periode promosi dan kontribusi cabang. Ketika terjadi kenaikan pada bulan tertentu, pengguna dapat melakukan drill-down untuk melihat kategori produk, cabang, dan promosi yang memberikan kontribusi. Sebaliknya, penurunan dapat ditelusuri melalui kombinasi filter periode, lokasi, dan kategori. Proses ini lebih efisien daripada pengolahan transaksi mentah yang membutuhkan penggabungan tabel dan perhitungan ulang secara manual.

Tabel 3. Keluaran analisis penjualan

Indikator	Dimensi	Contoh Hasil	Manfaat
Omzet bulanan	Waktu	Naik pada November	Menentukan target periode berikutnya
Produk terlaris	Produk	Kategori minuman dominan	Mengatur stok prioritas
Cabang tertinggi	Lokasi	Cabang pusat paling besar	Evaluasi kinerja cabang
Pelanggan aktif	Pelanggan	Segmen reguler dominan	Program loyalitas
Promo efektif	Promosi	Diskon akhir bulan meningkat	Perencanaan kampanye

Tabel 3 menunjukkan bahwa keluaran data warehouse tidak berhenti pada penyajian angka, tetapi menyediakan konteks keputusan. Setiap indikator terhubung dengan dimensi dan tindakan manajerial, misalnya prioritas stok, evaluasi cabang, program loyalitas, dan perencanaan promosi.

4.3. Pembahasan

Rancangan Implementasi star schema memberikan jalur query yang konsisten: tabel fakta menjadi sumber ukuran, sedangkan dimensi menjadi sumber filter dan pengelompokan. Pengguna hanya perlu menghubungkan FAKTA_PENJUALAN dengan dimensi yang relevan sehingga query agregasi lebih ringkas dan mudah dipelihara. Struktur ini juga memudahkan pembuatan KPI karena omzet, kuantitas, diskon, dan laba dapat dihitung dengan pola agregasi yang seragam.

Dibandingkan snowflake schema, model yang digunakan mengurangi normalisasi pada tabel dimensi sehingga jumlah join lebih sedikit dan struktur lebih mudah dipahami oleh pengembang dashboard. Konsekuensinya adalah adanya redundansi atribut, misalnya nama kota dan wilayah yang dapat muncul pada banyak baris dimensi. Redundansi tersebut masih dapat diterima karena dimensi berukuran jauh lebih kecil daripada tabel fakta. Fact constellation tidak dipilih karena penelitian hanya memodelkan satu

proses bisnis utama dan belum memerlukan beberapa tabel fakta yang berbagi dimensi.

Kualitas hasil tetap bergantung pada proses ETL. Ketidakkonsistenan kode, transaksi tanpa pasangan master, format tanggal yang berbeda, serta kesalahan perhitungan diskon dapat menghasilkan agregasi yang salah. Karena itu, implementasi dilengkapi validasi integritas referensial, rekonsiliasi nilai transaksi, dokumentasi metadata, dan aturan pembaruan data. Untuk penggunaan riil, perubahan atribut historis perlu ditangani dengan slowly changing dimension agar laporan periode sebelumnya tidak berubah ketika data master diperbarui.

4.4. Pengujian Query Analitik

Pengujian query dilakukan terhadap lima kebutuhan utama manajemen, yaitu omzet bulanan, produk terlaris, kontribusi cabang, pelanggan aktif, dan efektivitas promosi. Setiap query dijalankan pada star schema, kemudian hasil agregasinya dibandingkan dengan perhitungan kontrol pada data sumber simulasi.

Validasi menggunakan kriteria kesesuaian nilai agregasi, urutan peringkat, jumlah transaksi, dan hasil filter. Skenario dinyatakan valid apabila query menghasilkan keluaran yang sama dengan hasil kontrol dan tidak menampilkan baris yang berada di luar dimensi atau periode yang dipilih.

Pengujian juga memeriksa rekonsiliasi total omzet, kuantitas, diskon, dan laba. Apabila terdapat selisih, penelusuran dilakukan pada aturan

transformasi, grain tabel fakta, transaksi ganda, retur, pembatalan, dan pemetaan foreign key. Ringkasan hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil Pengujian Query Analitik

No	Skenario	Kriteria validasi	Hasil
1	Omzet per bulan	Total omzet 24 bulan sama dengan data sumber	Sesuai; valid
2	Produk terlaris	Peringkat berdasarkan jumlah qty menurun	Sesuai; valid
3	Kontribusi cabang	Omzet dan laba terkelompok per cabang	Sesuai; valid
4	Pelanggan aktif	Jumlah transaksi terkelompok per pelanggan/segmen	Sesuai; valid
5	Efektivitas promosi	Omzet dan diskon terkelompok per program promosi	Sesuai; valid

Berdasarkan Tabel 4.3, seluruh lima skenario query dinyatakan valid. Tingkat keberhasilan pengujian query adalah 5/5 atau 100%, dan pada skenario simulasi tidak ditemukan selisih agregasi untuk omzet, kuantitas, diskon, dan laba. Hasil ini mengindikasikan bahwa penentuan grain, pemetaan surrogate key, dan aturan transformasi telah mendukung kebutuhan analitik yang ditetapkan.

4.5. Implementasi Dashboard

Dashboard diimplementasikan sebagai media visualisasi hasil pengolahan data pada *data warehouse* penjualan. Informasi yang ditampilkan berasal dari tabel fakta penjualan yang terhubung dengan dimensi waktu, produk, pelanggan, cabang, dan promosi. Dashboard ini bertujuan membantu pengguna membaca informasi penjualan secara cepat, ringkas, dan mudah dipahami.

Tampilan dashboard terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu kartu *Key Performance Indicator* (KPI), grafik tren omzet bulanan, visualisasi produk dan kategori terlaris, serta kontribusi cabang dan segmen pelanggan. Kartu KPI menampilkan total omzet, jumlah transaksi, total kuantitas terjual, dan laba kotor sebagai ringkasan kinerja penjualan. Grafik tren digunakan untuk melihat perubahan penjualan dari waktu ke waktu, sedangkan *bar chart* produk dan kategori membantu menentukan prioritas stok serta strategi promosi.

Dashboard juga dilengkapi filter periode, cabang, kategori produk, dan segmen pelanggan. Filter tersebut memudahkan pengguna melakukan penelusuran data tanpa harus membuat laporan baru. Setiap grafik diberi label dan angka ringkas agar informasi dapat dipahami oleh pengguna nonteknis.

Pembaruan data dapat dilakukan secara harian atau mingguan sesuai kebutuhan organisasi. Untuk transaksi tinggi, proses ETL dapat dijalankan

terjadwal pada malam hari agar tidak mengganggu sistem operasional. Selain itu, hak akses pengguna perlu dibatasi berdasarkan peran, misalnya pimpinan dapat melihat seluruh cabang, sedangkan kepala cabang hanya dapat melihat data wilayahnya sendiri. Dengan demikian, dashboard tidak hanya mendukung analisis penjualan, tetapi juga menjaga keamanan informasi bisnis.

Pada sisi implementasi, setiap filter diterjemahkan menjadi kondisi pada dimensi terkait, sedangkan kartu KPI menggunakan agregasi dari tabel fakta. Kombinasi filter periode, cabang, kategori, dan segmen diuji untuk memastikan semua komponen memperbarui informasi secara konsisten. Evaluasi performa pada volume data sangat besar dan penggunaan secara bersamaan belum menjadi cakupan penelitian, sehingga pengujian indeks, waktu respons, dan beban pengguna perlu dilakukan pada implementasi produksi.



Gambar 4. Implementasi dashboard

4.6. Pengujian Fungsional (Black-Box)

Pengujian black-box dilakukan untuk memverifikasi fungsi dashboard dari sudut pandang pengguna tanpa menilai struktur program. Sepuluh skenario disusun berdasarkan fungsi pemuatan data, filter, perhitungan KPI, visualisasi, dan penanganan kondisi data kosong. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Fungsional Dashboard

No	Fungsi diuji	Keluaran yang diharapkan	Hasil
1	Memuat dashboard	KPI dan grafik tampil tanpa kesalahan	Sesuai
2	Filter periode	Data hanya menampilkan periode terpilih	Sesuai
3	Filter cabang	KPI dan grafik mengikuti cabang terpilih	Sesuai
4	Filter kategori	Analisis produk mengikuti kategori terpilih	Sesuai
5	Filter segmen	Analisis pelanggan mengikuti segmen terpilih	Sesuai
6	Kombinasi filter	Hasil merupakan irisan seluruh filter	Sesuai
7	Reset filter	Dashboard kembali menampilkan seluruh data	Sesuai

No	Fungsi diuji	Keluaran yang diharapkan	Hasil
8	Peringkat produk	Produk diurutkan berdasarkan qty tertinggi	Sesuai
9	Analisis promosi	Omzet dan diskon tampil per promosi	Sesuai
10	Data kosong	Pesan informasi tampil tanpa sistem berhenti	Sesuai

Seluruh 10 skenario menghasilkan keluaran sesuai yang diharapkan. Persentase keberhasilan dihitung sebesar $(10/10) \times 100\% = 100\%$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi utama dashboard telah memenuhi kebutuhan fungsional pada data simulasi. Pengujian keamanan, kompatibilitas lintas perangkat, performa beban, dan usability tetap diperlukan sebelum sistem digunakan pada lingkungan produksi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi, data warehouse berbasis star schema mampu mengintegrasikan data simulasi penjualan sebanyak 24.000 baris detail dari 6.000 transaksi selama 24 bulan ke dalam satu tabel fakta dan lima tabel dimensi. Model tersebut mendukung analisis berdasarkan waktu, produk, pelanggan, lokasi, dan promosi serta menyajikan KPI, tren omzet, peringkat produk, kontribusi cabang, segmentasi pelanggan, dan efektivitas promosi. Pengujian lima skenario query memperoleh hasil valid sebesar 100% dan tidak menunjukkan selisih agregasi pada data simulasi.

Pengujian fungsional black-box juga menunjukkan bahwa 10 dari 10 skenario berjalan sesuai keluaran yang diharapkan atau mencapai tingkat keberhasilan 100%. Dengan demikian, rancangan telah memenuhi kebutuhan fungsional dasar sebagai fondasi sistem business intelligence. Penelitian berikutnya disarankan menggunakan data riil, menerapkan slowly changing dimension, menguji performa dan keamanan, serta mengembangkan dashboard interaktif dengan fasilitas drill-down dan pembatasan hak akses berbasis peran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Tan, J. Wiratama, and S. F. Wijaya, "Sales Analysis on Garment Industry with Datawarehouse and ETL Implementation on Star Schema," *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 13, no. 1, 2024, doi: 10.33022/ijcs.v13i1.3770.
- [2] W. Wijaya, J. Wiratama, and S. F. Wijaya, "The Implementation of Data Warehouse and Star Schema for Optimizing Property Business Decision Making," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 8, no. 2, pp. 1242-1250, 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i2.4091.
- [3] Z. Arifin, S. Nurhadryani, and A. A. S. Gunawan, "Data Warehouse Design for Sales Transactions on CV. Sumber Tirta Anugerah," *CORE IT Journal*, vol. 8, no. 2, pp. 89-97, 2022.
- [4] V. Samantha et al., "Design of a Data Mart for Optimizing Product Sales Analysis at PT. X," *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 14, no. 3, 2025, doi: 10.35889/jutisi.v14i3.3158.
- [5] I. Zaelani, A. S. Putra, and M. A. Ramdhani, "Implementasi Data Mart terhadap Sistem Penjualan pada Perusahaan Bidang Distributor," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 2021.
- [6] M. E. M. Gonzales, E. B. H. Ong, C. C. J. Ong, and J. J. Azcarraga, "From Unstructured to Structured: Transforming Chatbot Dialogues into Data Mart Schema for Visualization," *arXiv preprint arXiv:2305.04258*, 2023.
- [7] F. Abdelhedi, R. Jemmali, and G. Zurfluh, "Relational Databases Ingestion into a NoSQL Data Warehouse," *arXiv preprint arXiv:2203.06949*, 2022.
- [8] Y. Yang, J. Darmont, F. Ravat, and O. Teste, "An Automatic Schema-Instance Approach for Merging Multidimensional Data Warehouses," *arXiv preprint arXiv:2107.12055*, 2021.
- [9] R. P. D. Nath, O. Romero, T. B. Pedersen, and K. Hose, "High-Level ETL for Semantic Data Warehouses," *arXiv preprint arXiv:2006.07180*, 2020.
- [10] Amazon Web Services, "Apa Itu OLAP (Pemrosesan Analitik Online)?," AWS, 2025. [Online]. Available: aws.amazon.com/id/what-is/olap/.
- [11] R. Kimball and M. Ross, *The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling*, 3rd ed. Indianapolis, IN, USA: John Wiley & Sons, 2013.