JAMBURA JOURNAL OF INFORMATICS
Volume 8, No. 2 | October 2026 : 107-116
ISSN 2685-4244, doi: 10.37905/jji.v812.40815

Keranjang belanja cerdas berbasis *IoT* dengan sinkronisasi *real-time* pada dashboard POS

Maulana Izzul 'Ibad, Kusnadi, Rifqi Fahrudin

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Catur Insan Cendekia, Cirebon, Indonesia

Riwayat Artikel:
Diterima 10 Agustus 2026
Direvisi 4 September 2026
Disetujui 14 Oktober 2026

Kata Kunci:
Barcode scanner
Internet of things
Keranjang belanja cerdas
REST API
WebSocket

ABSTRACT. *The Balmart retail store relied on a conventional system requiring cashiers to rescan every item at payment, causing queues and preventing customers from monitoring their shopping list and total directly. This study implemented a smart shopping cart based on the Internet of Things (IoT), using a barcode scanner integrated with a Laravel-based cashier dashboard via REST API and WebSocket. The main contribution was a fully integrated, real-time architecture connecting the cart with the point-of-sale (POS) dashboard, making transaction data available before checkout. The system was developed with the Prototyping Model, using an ESP32, GM65 barcode scanner, and TFT LCD. Black Box Testing confirmed all functions worked correctly. Response-time testing (N = 30 per scenario) averaged 0.52 s for LCD display and 0.82 s for dashboard updates. Efficiency gain was estimated at 16.67–22.22%, though unverified under actual conditions. The system successfully synchronized transactions in real time.*

ABSTRAK. Gerai ritel Balmart masih menggunakan sistem konvensional yang mengharuskan kasir memindai ulang setiap barang saat pembayaran, sehingga menyebabkan antrean dan membuat pelanggan tidak dapat memantau daftar barang serta total belanja secara langsung. Penelitian ini mengimplementasikan sistem keranjang belanja cerdas berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan barcode scanner yang terintegrasi dengan dashboard kasir berbasis Laravel melalui REST API dan WebSocket. Kontribusi utama penelitian ini adalah arsitektur real-time terintegrasi yang menghubungkan keranjang dengan dashboard Point of Sale (POS), sehingga data transaksi tersedia sebelum pelanggan tiba di kasir. Sistem dikembangkan menggunakan metode Prototyping Model dengan ESP32, barcode scanner GM65, dan LCD TFT. Black Box Testing menunjukkan seluruh fungsi berjalan sesuai kebutuhan. Pengujian waktu respons (N = 30 per skenario) menunjukkan rata-rata 0,52 detik untuk LCD dan 0,82 detik untuk dashboard. Estimasi efisiensi sebesar 16,67–22,22%, meskipun belum diverifikasi pada kondisi operasional sesungguhnya. Sistem berhasil melakukan sinkronisasi transaksi secara real-time.

This is an open-access article under the CC–BY-SA license.

Penulis Korespondensi:
Maulana Izzul 'Ibad
Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Catur Insan Cendekia, Cirebon, Indonesia.
Email: maulana.ibad.ti.22@cic.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi membawa perubahan signifikan pada bidang perdagangan dan ritel. Aktivitas yang sebelumnya dilakukan secara manual kini beralih ke sistem digital untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Internet of Things* (IoT), yaitu konsep yang memungkinkan perangkat saling terhubung dan bertukar data secara otomatis melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia secara terus-menerus (Sorri *et al*., 2022). Penerapan IoT telah berkembang pada berbagai sektor, mulai

dari pemantauan pengelolaan sampah perkotaan (Hendradi *et al*., 2025) hingga sistem kendali suhu dan kelembaban ruang server (Pratama *et al*., 2022), yang menunjukkan fleksibilitas teknologi ini pada beragam konteks penerapan, termasuk sektor ritel.

Gerai ritel Balmart di Jl. Dr. Sutomo, Kesambi, Kota Cirebon masih menerapkan sistem belanja konvensional. Seluruh proses transaksi mulai dari pemindaian barang hingga perhitungan total belanja sepenuhnya dilakukan oleh kasir. Kondisi ini menyebabkan proses transaksi menjadi lambat saat jumlah pelanggan meningkat, sehingga antrean di kasir sulit dihindari. Selain itu, pelanggan belum memperoleh informasi rinci mengenai barang yang dipilih selama proses berbelanja; seluruh informasi transaksi baru diketahui setelah pelanggan berada di kasir.

Meskipun sistem *Point of Sale* (POS) telah banyak diterapkan untuk mempercepat pencatatan dan pelaporan transaksi ritel (Fauzan *et al*., 2024; Gerung, 2022; Novrina *et al*., 2024), proses pemindaian barang satu per satu oleh kasir masih menjadi kendala utama pada sistem POS konvensional. Semakin banyak barang yang dibeli, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu transaksi (Martinus *et al*., 2021). Di sisi lain, pelanggan belum memperoleh informasi daftar barang dan total biaya secara langsung selama berbelanja. Penelitian terdahulu menyatakan bahwa keranjang belanja konvensional belum mampu menyajikan informasi terkait barang yang dipilih secara langsung kepada pelanggan (Firdaus & Husnaini, 2021).

Konsep keranjang belanja cerdas memungkinkan identifikasi dan pencatatan barang secara otomatis saat dimasukkan ke dalam keranjang, sehingga informasi dapat ditampilkan langsung selama proses berbelanja. Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan konsep tersebut dengan pendekatan teknologi yang beragam. (Martinus *et al*., 2021) menerapkan teknologi RFID pada keranjang belanja cerdas untuk mempercepat proses checkout dan mengurangi antrean di lingkungan supermarket; pendekatan ini efektif dari sisi kecepatan identifikasi, tetapi memerlukan penandaan *(tagging)* khusus pada setiap produk serta perangkat pembaca khusus yang berpotensi menambah biaya operasional, terutama pada usaha ritel skala kecil dan menengah. (Firdaus & Husnaini, 2021) mengembangkan keranjang belanja pintar berbasis mikrokontroler dan sensor yang mampu menampilkan informasi produk kepada pelanggan, namun integrasi dengan sistem kasir belum berjalan secara *real-time* sehingga kasir tetap perlu melakukan pemindaian ulang saat pembayaran.

Penelitian yang secara tematik paling dekat dengan penelitian ini adalah Hermanto & Siregar (2025), yang merancang *trolley* dengan sistem *checkout* otomatis berbasis IoT menggunakan metode barcode EAN-13; penelitian tersebut berfokus pada otomatisasi *checkout* pada troli itu sendiri, namun belum menguraikan arsitektur integrasi *real-time* menyeluruh antara perangkat keranjang dan *dashboard* kasir berbasis web beserta pengukuran waktu responsnya. Pada aspek pemindaian kode batang, Jayusman *et al*., (2025) dan Prasetya *et al*. (2025) menunjukkan bahwa penerapan *barcode scanner* mampu meningkatkan akurasi dan efisiensi pengelolaan data, tetapi kedua penelitian tersebut berfokus pada sistem inventori dan belum membahas integrasi keranjang belanja dengan sistem kasir. Platform kasir mandiri berbasis barcode seperti TETOK (Muladi *et al*., 2026) juga telah mengintegrasikan pemindaian barcode dengan pembayaran digital untuk mempercepat *checkout* pada usaha ritel kecil-menengah, namun sistem tersebut berjalan pada satu perangkat titik-layanan *(point-of-service)* tanpa perangkat keranjang IoT terpisah yang menyertai pelanggan selama berbelanja, berbeda dengan arsitektur dua perangkat (keranjang dan *dashboard*) yang diusulkan pada penelitian ini.

Berdasarkan perbandingan pada Tabel 1, dapat diidentifikasi celah penelitian (gap) yang belum terisi oleh studi-studi sebelumnya, yaitu integrasi real-time yang menyeluruh antara perangkat keranjang berbasis barcode scanner dengan dashboard Point of Sale (POS) berbasis web, tanpa bergantung pada teknologi RFID yang berbiaya lebih tinggi maupun sistem yang masih terbatas pada pengelolaan inventori. Penelitian ini mengusulkan implementasi sistem keranjang belanja cerdas berbasis IoT menggunakan *barcode scanner* sebagai media identifikasi produk yang lebih

ekonomis, dengan menekankan arsitektur komunikasi REST API dan WebSocket sebagai unsur pembeda utama dari studi-studi terdahulu.

Tabel 1. Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian ini

Penelitian	Metode Identifikasi	Integrasi Real-Time ke POS	Teknologi Utama
Martinus *et al*., 2021	RFID	Ya, namun terbatas pada proses *checkout*	RFID reader, Arduino, WiFi
Firdaus & Husnaini (2021)	Sensor mikrokontroler	Tidak	Mikrokontroler, sensor, LCD
Hermanto & Siregar (2025)	Barcode EAN-13	Sebagian (*checkout* otomatis pada troli)	Mikrokontroler, barcode scanner
Jayusman *et al*. (2025)	Barcode	Tidak (fokus inventori)	Barcode, Android, REST API
Prasetya *et al*. (2025)	Barcode	Tidak (fokus inventori)	Barcode, web, Agile
Penelitian ini	Barcode (GM65)	Ya, menyeluruh (REST API + WebSocket)	ESP32, Laravel, MySQL, Pusher

Data hasil pemindaian dikirim ke mikrokontroler ESP32 melalui komunikasi UART, kemudian diteruskan ke backend Laravel menggunakan REST API melalui jaringan WiFi lokal. Backend memproses dan menyimpan data transaksi ke basis data MySQL, lalu menyebarkan data menggunakan WebSocket (Pusher) sehingga dashboard kasir menerima pembaruan secara real-time. Informasi produk dan total belanja ditampilkan pada layar LCD TFT yang terpasang pada keranjang.

Tujuan penelitian adalah merancang dan menerapkan keranjang belanja cerdas yang memungkinkan pelanggan memindai produk secara mandiri, menyajikan informasi belanja secara transparan, serta menerapkan arsitektur komunikasi REST API dan WebSocket untuk integrasi real-time dengan sistem kasir. Penelitian ini juga mengkaji potensi pengurangan waktu transaksi di kasir melalui estimasi perbandingan skenario jumlah barang, dengan mempertimbangkan bahwa validasi langsung pada kondisi operasional penuh di Balmart berada di luar cakupan penelitian ini.

METODE

Penelitian ini menggunakan *Prototyping Model* sebagai metode pengembangan sistem. Metode ini bekerja dengan membangun prototipe awal secara cepat, kemudian dievaluasi langsung oleh pengguna, dan diperbaiki secara iteratif hingga sesuai dengan kebutuhan (Kurniyanti & Murdiani, 2022; Pramudita & Setyawan, 2022). Metode dipilih karena kebutuhan sistem tidak seluruhnya dapat didefinisikan secara lengkap di awal, serta melibatkan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang kompleks.

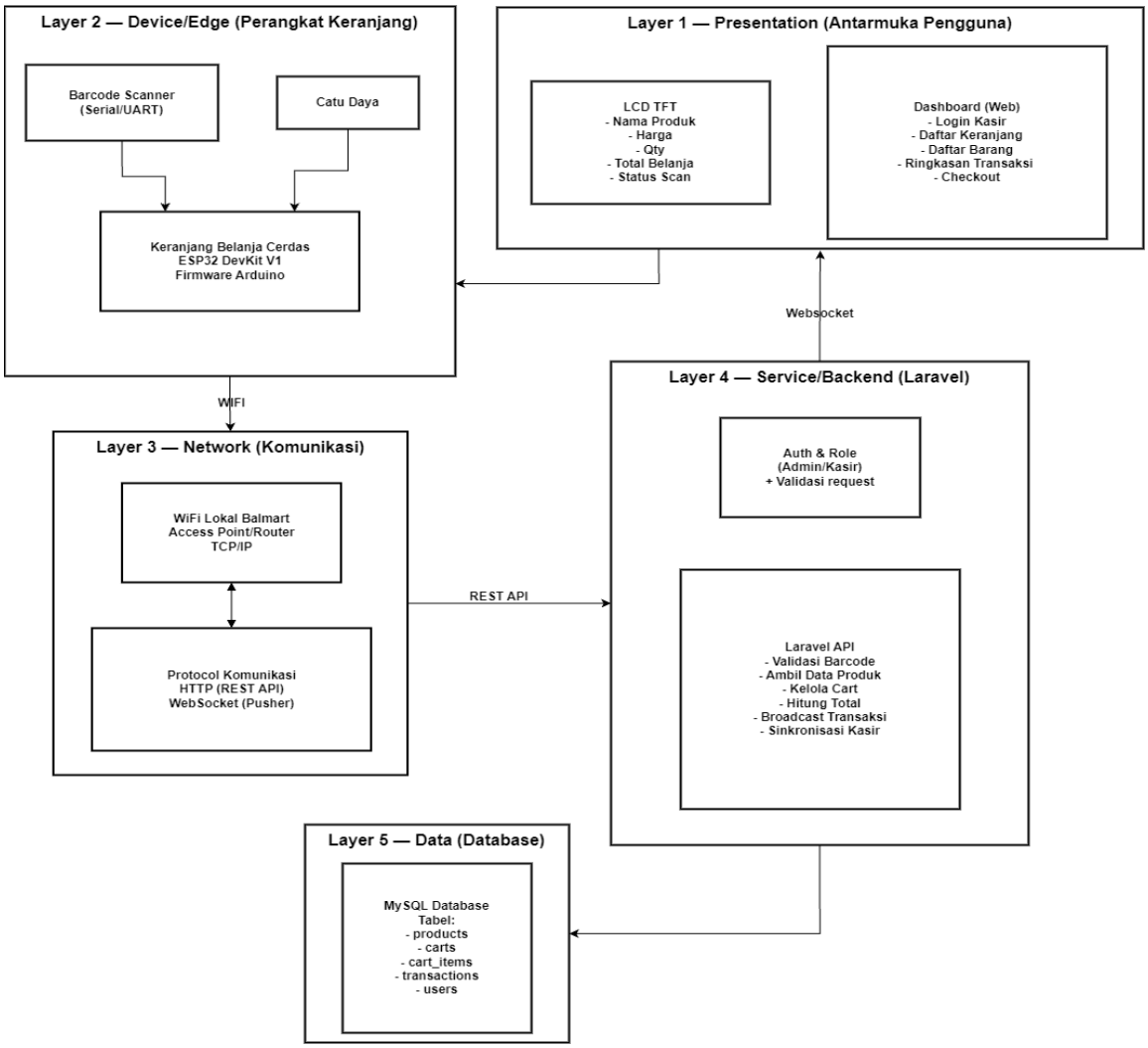
Tahapan *Prototyping Model* yang diterapkan meliputi: (1) Pengumpulan Kebutuhan melalui observasi di gerai Balmart, wawancara dengan kasir dan pengelola, serta studi literatur; (2) Membangun *Prototyping* berdasarkan kebutuhan fungsional dan non-fungsional; (3) Evaluasi Prototyping bersama pengguna; (4) Mengkodekan Sistem menggunakan Arduino IDE untuk firmware ESP32 dan *framework* Laravel untuk backend; (5) Menguji Sistem dengan *Black Box* Testing; (6) Evaluasi Sistem; dan (7) Penggunaan Sistem.

Evaluasi *Prototyping* pada tahap ketiga dilakukan secara kualitatif bersama kasir dan pengelola Balmart yang sebelumnya dilibatkan pada tahap pengumpulan kebutuhan. Evaluasi difokuskan pada tiga aspek, yaitu kemudahan proses pemindaian barcode pada perangkat keranjang, keterbacaan informasi produk dan total belanja pada layar LCD TFT, serta kejelasan tampilan dashboard kasir sebelum tahap pengkodean penuh dilakukan. Masukan yang diperoleh digunakan untuk

penyempurnaan antarmuka prototipe. Karena evaluasi ini bersifat kualitatif berupa observasi dan wawancara singkat, hasilnya tidak menghasilkan data numerik sehingga tidak disajikan sebagai hasil pengukuran kuantitatif pada Bagian Hasil dan Diskusi, melainkan digunakan sebagai dasar perbaikan desain antarmuka pada tahap pengkodean.

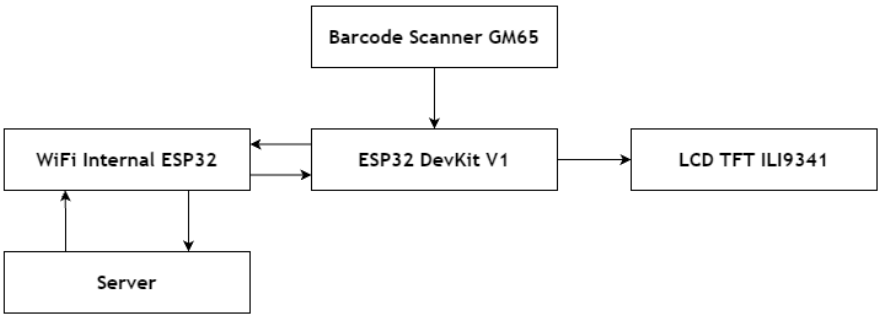
Perangkat keras yang digunakan terdiri dari mikrokontroler ESP32 DevKit V1 sebagai unit pengolah utama, *barcode scanner* tipe GM65 dengan komunikasi UART, dan LCD TFT 2.8 inch ILI9341 untuk menampilkan informasi produk dan total belanja. Perangkat lunak meliputi Arduino IDE, framework Laravel sebagai backend API, basis data MySQL, protokol REST API, serta layanan Pusher (WebSocket) untuk sinkronisasi real-time. Komunikasi antara keranjang belanja cerdas dan server dilakukan melalui jaringan WiFi lokal mandiri yang tidak bergantung pada koneksi internet publik.

Gambar 1 menunjukkan alur kerja sistem yang dimulai ketika pelanggan memindai barcode produk menggunakan scanner yang terpasang pada keranjang. Data barcode diterima ESP32 melalui UART, kemudian dikirim ke backend Laravel menggunakan REST API. *Backend* memproses data, menyimpan ke *database* MySQL, dan mengirim event *real-time* melalui WebSocket ke dashboard kasir. Respons dari server dikirim kembali ke ESP32 untuk ditampilkan pada LCD TFT, meliputi nama produk, harga, jumlah barang, dan total belanja.



Gambar 1. Arsitektur sistem keranjang belanja cerdas *(five-layer architecture)*

Gambar 2 menunjukkan diagram blok perangkat keras sistem yang menggambarkan hubungan antara barcode scanner GM65, ESP32 DevKit V1, LCD TFT ILI9341, jaringan WiFi, dan server.



Gambar 2. Diagram blok perangkat keras sistem

Prosedur Penelitian

Pengujian sistem dilakukan melalui dua prosedur utama. Prosedur pertama adalah *Black Box* Testing untuk menguji fungsionalitas sistem, mencakup skenario jalur-sukses *(happy path)* maupun skenario jalur-gagal *(failure path)* seperti barcode tidak terdaftar dan simulasi koneksi WiFi terputus. Prosedur kedua adalah pengujian waktu respons, yang dilakukan pada lingkungan jaringan WiFi lokal terkendali — bukan pada jam operasional sibuk toko — untuk mengontrol variabel interferensi jaringan yang dapat memengaruhi validitas pengukuran. Setiap skenario pengujian waktu respons diukur sebanyak N = 30 kali pengulangan untuk memperoleh nilai rata-rata dan rentang data yang representatif secara statistik. Kondisi pengujian yang bersifat terkendali ini tetap menjadi salah satu pertimbangan dalam menginterpretasikan hasil pada Bagian Hasil dan Diskusi, mengingat performa aktual pada jam sibuk dengan trafik jaringan yang lebih padat berpotensi berbeda dari hasil yang dilaporkan.

Hasil dan Diskusi

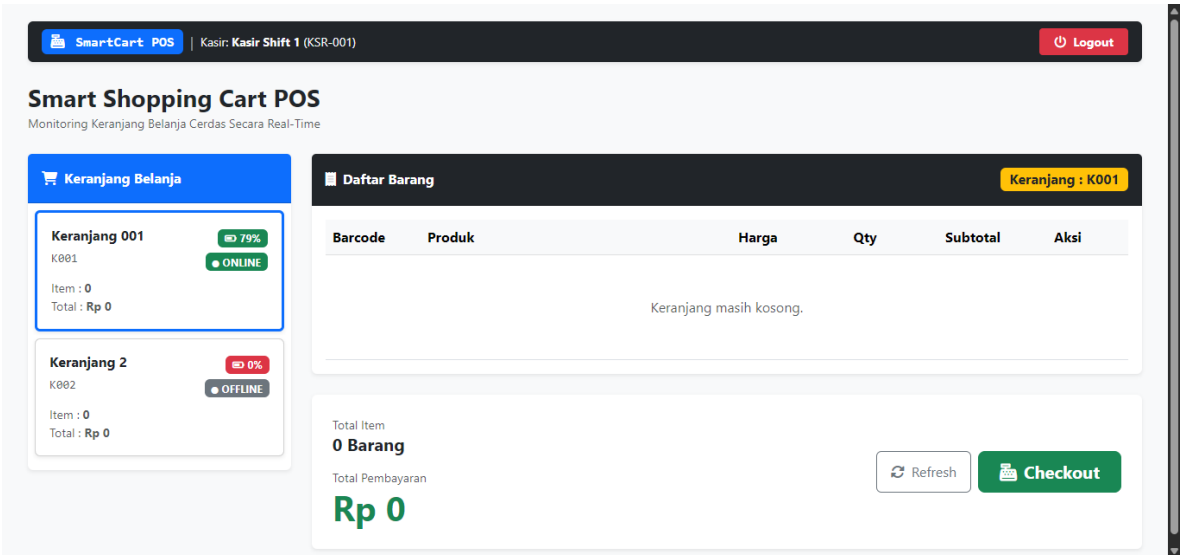
Sistem keranjang belanja cerdas berhasil diimplementasikan sesuai perancangan. Firmware ESP32 mampu membaca data barcode melalui komunikasi UART, mengirim permintaan ke server melalui REST API, menerima respons JSON, serta menampilkan informasi produk dan total belanja pada LCD TFT. Dashboard kasir berbasis web yang dibangun dengan Laravel mampu menerima pembaruan data transaksi secara *real-time* melalui layanan Pusher (WebSocket).

Selain pengujian fungsional dan waktu respons, dilakukan pula estimasi ketahanan baterai perangkat keranjang berdasarkan perhitungan kapasitas baterai Li-ion terhadap estimasi konsumsi daya rata-rata komponen (ESP32, barcode scanner GM65, dan LCD TFT ILI9341) selama pengoperasian normal. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perangkat diestimasikan mampu beroperasi selama 8–9 jam dalam satu kali pengisian penuh, yang secara teoretis mencukupi untuk satu hari operasional gerai ritel skala kecil-menengah seperti Balmart. Perlu dicatat bahwa nilai ini merupakan hasil perhitungan teoretis berdasarkan spesifikasi komponen, bukan hasil pengujian ketahanan baterai secara langsung *(deep-discharge test)* pada kondisi pemakaian aktual, sehingga durasi operasional sesungguhnya dapat bervariasi bergantung pada intensitas penggunaan LCD TFT, frekuensi pemindaian barcode, dan kondisi sinyal WiFi.

Gambar 3 menampilkan implementasi fisik perangkat keras yang terdiri dari ESP32, modul *barcode scanner* GM65, LCD TFT, modul *step-up*, dan sistem pengisian daya baterai yang dipasang pada keranjang belanja. Gambar 4 menunjukkan tampilan dashboard kasir dan administrator yang digunakan untuk memantau data keranjang dan transaksi secara real-time.



Gambar 3. Implementasi perangkat keras pada keranjang belanja cerdas



Gambar 4. Tampilan *dashboard* kasir dan administrator



Gambar 5. Tampilan informasi belanja pada LCD TFT

Gambar 5 menunjukkan tampilan LCD TFT pada keranjang yang menyajikan informasi barang dan total belanja kepada pelanggan selama proses transaksi.

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing*, mencakup skenario keberhasilan *(happy path)* maupun skenario kegagalan yang berpotensi terjadi pada kondisi operasional ritel nyata, seperti barcode tidak terdaftar dan koneksi WiFi yang terputus. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian fungsional sistem *(black box testing)*

Fungsi yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Diperoleh	Status
Pemindaian barcode produk	Data produk tampil di LCD dan *dashboard*	Data tampil sesuai	Berhasil
Penambahan jumlah barang	Jumlah dan total belanja diperbarui	Data diperbarui *real-time*	Berhasil
Pengurangan/hapus barang	Item dihapus, total dihitung ulang	Berfungsi sesuai	Berhasil
Sinkronisasi ke *dashboard* kasir	Data muncul otomatis di kasir	*Update real-time* via *WebSocket*	Berhasil
Proses *checkout*	Transaksi tersimpan, keranjang dikosongkan	Berhasil disimpan	Berhasil
Pemindaian barcode tidak terdaftar	Sistem menampilkan pesan produk tidak ditemukan	Pesan kesalahan tampil sesuai	Berhasil
Koneksi WiFi terputus saat sistem berjalan	Sistem menampilkan status *offline* dan *reconnect* otomatis	*Reconnect* otomatis berhasil	Berhasil

Hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem, termasuk penanganan skenario kegagalan berupa barcode yang tidak terdaftar dan gangguan koneksi WiFi, berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Kemampuan sistem untuk menampilkan status *offline* dan melakukan *reconnect* otomatis saat koneksi WiFi terputus menunjukkan tingkat keandalan *(reliability)* yang memadai untuk kondisi jaringan ritel yang dinamis. Pengujian skenario dua keranjang aktif secara bersamaan belum dilakukan pada putaran pengujian ini dan dicantumkan sebagai bagian dari keterbatasan penelitian pada sub-bagian berikutnya.

Pengujian waktu respons (N = 30 pengulangan per skenario) menunjukkan bahwa waktu dari pemindaian barcode hingga informasi tampil pada LCD TFT memiliki rata-rata 0,52 detik. Pembaruan data transaksi pada *dashboard* kasir melalui WebSocket memiliki waktu respons rata-rata 0,82 detik, sedangkan perubahan kuantitas barang melalui tombol tambah/kurang pada LCD TFT berada pada rentang 0,50–0,75 detik (Tabel 3). Seluruh proses utama sistem berada di bawah satu detik, yang menunjukkan kemampuan sistem dalam memberikan pengalaman *real-time* yang memadai.

Tabel 3. Hasil pengujian waktu respons sistem

Proses	Rentang (Min–Maks)	Rata-rata	Keterangan
Pemindaian barcode hingga informasi tampil di LCD TFT	0,45–0,60 detik	0,52 detik	Sangat cepat
Pembaruan data transaksi pada *dashboard* kasir	0,70–0,95 detik	0,82 detik	*Real-time (via WebSocket)*
Perubahan jumlah barang melalui tombol (+)/(−)	0,50–0,75 detik	–	*Real-time*

Selisih waktu respons antara pembaruan LCD TFT (rata-rata 0,52 detik) dan pembaruan *dashboard* kasir (rata-rata 0,82 detik) diperkirakan disebabkan oleh perbedaan mekanisme komunikasi pada kedua jalur tersebut. Pembaruan LCD TFT merupakan hasil langsung dari respons REST API antara ESP32 dan server Laravel tanpa perantara tambahan, sedangkan pembaruan dashboard kasir melibatkan proses penyimpanan data ke basis data MySQL terlebih dahulu, dilanjutkan dengan proses *broadcast event* melalui layanan Pusher *(WebSocket)* ke seluruh *client* yang berlangganan. Tambahan tahapan penyimpanan basis data dan mekanisme *publish-subscribe* pada WebSocket inilah yang menjadi kandidat utama penyebab *overhead* waktu tersebut.

Temuan ini sejalan dengan Nugraha (2024), yang menunjukkan bahwa protokol WebSocket secara umum memiliki *latency* jauh lebih rendah dibandingkan HTTP maupun MQTT pada perangkat IoT karena sifat koneksinya yang persisten, sehingga selisih waktu yang teramati pada penelitian ini lebih mungkin bersumber dari overhead pada lapisan aplikasi *(query database dan broadcast event)* dibandingkan dari protokol WebSocket itu sendiri. Pengukuran waktu pada setiap sub-proses (*query database*, latensi jaringan ke Pusher, waktu *render dashboard*) belum dilakukan secara terpisah pada penelitian ini dan dapat menjadi arah pengujian lanjutan yang lebih granular.

Jika dibandingkan dengan penelitian Martinus *et al*., (2021) yang menerapkan RFID pada keranjang belanja cerdas, sistem berbasis *barcode scanner* pada penelitian ini memerlukan langkah pemindaian aktif oleh pelanggan untuk setiap produk, berbeda dengan RFID yang secara prinsip memungkinkan deteksi otomatis tanpa kontak langsung dengan pembaca. Meskipun demikian, pendekatan barcode pada penelitian ini menghindari kebutuhan penandaan (tagging) RFID khusus pada setiap produk serta perangkat pembaca berbiaya lebih tinggi, sehingga lebih sesuai dengan infrastruktur ritel skala kecil-menengah seperti Balmart yang sebagian besar produknya telah memiliki *barcode* standar. Perbandingan angka performa kuantitatif secara langsung (misalnya rata-rata waktu *checkout* per transaksi) antara kedua sistem tidak dapat dilakukan pada penelitian ini karena perbedaan metrik dan kondisi pengujian yang dilaporkan pada studi Martinus dkk. (2021); hal ini menjadi salah satu keterbatasan pembahasan yang dicantumkan pada sub-bagian berikut.

Untuk memberikan gambaran mengenai potensi peningkatan efisiensi transaksi, dilakukan estimasi perbandingan waktu antara proses transaksi konvensional dan penggunaan *Smart Shopping Cart* pada skenario 5, 10, 15, dan 20 barang, sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Estimasi ini disusun berdasarkan asumsi waktu proses setiap aktivitas transaksi dan bukan merupakan hasil pengukuran langsung pada kondisi operasional Balmart.

Tabel 4. Perbandingan estimasi waktu transaksi

Jumlah Barang	Transaksi Konvensional	Keranjang Belanja Cerdas	Selisih Waktu	Efisiensi
5	30 detik	25 detik	5 detik	16,67%
10	50 detik	40 detik	10 detik	20,00%
15	70 detik	55 detik	15 detik	21,43%
20	90 detik	70 detik	20 detik	22,22%

Estimasi pada Tabel 4 menunjukkan kecenderungan peningkatan efisiensi seiring bertambahnya jumlah barang, dengan selisih waktu berkisar antara 5–20 detik atau setara 16,67–22,22% pada skenario yang diuji (5–20 barang). Meskipun demikian, penggunaan *Smart Shopping Cart* tidak menghilangkan seluruh aktivitas kasir, karena kasir tetap perlu melakukan pemeriksaan terhadap kesesuaian barang fisik dengan data transaksi sebelum pembayaran diselesaikan. Estimasi ini sebaiknya dipahami sebagai gambaran potensi efisiensi, bukan sebagai bukti bahwa sistem telah terbukti lebih efisien pada kondisi operasional nyata; pengukuran langsung pada lingkungan toko diperlukan untuk mengetahui tingkat efisiensi aktual setelah sistem diterapkan.

KETERBATASAN PENELITIAN

Beberapa keterbatasan perlu dikemukakan untuk memberikan konteks yang proporsional terhadap hasil penelitian ini. Pertama, pengujian waktu respons (N = 30 per skenario) dilakukan pada kondisi jaringan WiFi lokal yang terkendali dan belum mencakup kondisi operasional puncak *(peak hour)* di gerai Balmart dengan kepadatan pengguna jaringan yang lebih tinggi, sehingga performa aktual di lapangan berpotensi berbeda dari hasil yang dilaporkan; rentang *(min–maks)* dan standar deviasi (SD) merupakan dua ukuran sebaran yang berbeda, dan SD dari data pengujian belum dihitung secara terpisah dari rentang yang dilaporkan pada Tabel 3; nilai rata-rata untuk skenario ketiga (perubahan jumlah barang melalui tombol tambah/kurang) juga belum dilaporkan secara terpisah pada data yang tersedia, sehingga hanya rentangnya yang dicantumkan. Kedua, evaluasi prototipe pada tahap ketiga metode *Prototyping* Model bersifat kualitatif (UAT) berupa observasi dan masukan pengguna, tanpa menghasilkan data terukur tambahan yang dapat disajikan sebagai hasil kuantitatif. Ketiga, estimasi perbandingan waktu transaksi antara sistem konvensional dan *Smart Shopping Cart* (Tabel 4) tetap merupakan simulasi berbasis skenario laboratorium, bukan pengukuran before-after langsung pada kondisi transaksi nyata di Balmart, sehingga efisiensi aktual dapat dipengaruhi oleh faktor lapangan seperti waktu verifikasi kasir. Keempat, estimasi ketahanan baterai (8–9 jam) yang dilaporkan pada penelitian ini merupakan hasil perhitungan teoretis berdasarkan kapasitas baterai dan estimasi konsumsi daya komponen, bukan hasil pengujian ketahanan langsung *(deep-discharge test)* pada kondisi operasional penuh, sehingga validasi empiris lebih lanjut tetap diperlukan. Kelima, pengujian skenario penggunaan lebih dari satu keranjang aktif secara bersamaan belum dilakukan pada putaran pengujian ini dan direkomendasikan sebagai pengujian lanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem keranjang belanja cerdas berbasis IoT berhasil diimplementasikan dan terintegrasi secara *real-time* dengan sistem kasir melalui REST API dan WebSocket (*Pusher*). Sistem mampu menampilkan informasi belanja pada LCD TFT dengan waktu respons rata-rata 0,52 detik dan memperbarui dashboard kasir dalam rata-rata 0,82 detik. Estimasi skenario transaksi 5–20 barang menunjukkan potensi peningkatan efisiensi *checkout* sebesar 16,67–22,22%. Namun, nilai tersebut masih merupakan hasil simulasi dan belum diverifikasi melalui pengujian *before-after* pada kondisi operasional Balmart yang sebenarnya. Hasil *Black Box Testing* juga menunjukkan bahwa fungsi utama sistem, termasuk pemindaian, sinkronisasi transaksi, dan penanganan gangguan koneksi, berjalan sesuai kebutuhan.

Pengujian waktu respons dilakukan sebanyak 30 pengulangan pada setiap skenario dalam lingkungan jaringan WiFi lokal terkendali. Selain itu, estimasi ketahanan baterai menunjukkan durasi operasional sekitar 8–9 jam berdasarkan kapasitas baterai dan konsumsi daya komponen. Temuan ini menunjukkan potensi penerapan sistem pada ritel skala kecil-menengah, meskipun validasi operasional langsung masih diperlukan. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian lapangan, menguji ketahanan baterai secara langsung, mengevaluasi penggunaan beberapa keranjang secara bersamaan, meningkatkan mekanisme keamanan, serta mengembangkan dukungan barcode 2D/QR Code dan pembayaran nontunai seperti QRIS atau *e-wallet*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Catur Insan Cendekia serta pengelola dan staf gerai ritel Balmart atas dukungan, akses data, dan kesempatan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

REFERENSI

Fauzan, A. A., Subagio, R. T., & Suwandi, S. (2024). Pembuatan aplikasi point of sales berbasis Android menggunakan metode Goal Directed Design untuk meningkatkan layanan rumah makan. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (JATI), 8(5), 10130–10137. https://doi.org/10.36040/jati.v8i5.10929

Firdaus, H., & Husnaini, I. (2021). Rancang bangun keranjang belanja pintar. *JTEIN Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 2(2), 204–209. https://doi.org/10.24036/jtein.v2i2.166

Gerung, D. A. J. (2022). Perancangan sistem informasi point of sale berbasis website pada Toko Arpan Electric. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 1(2), 133–156. https://doi.org/10.56211/blendsains.v1i2.137

Hendradi, P., & Wahyono, A. (2025). Pemodelan sistem informasi berbasis IoT untuk optimasi pengelolaan sampah perkotaan (studi kasus: pemantauan level tempat sampah pintar). *Jurnal Techlink*, 15–30. https://doi.org/10.59134/jtnk.v9i1.690

Hermanto, A. D., & Siregar, A. F. (2025). Rancang bangun trolley dengan sistem checkout otomatis berbasis IoT menggunakan metode barcode EAN-13. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (JATI)*, 9(6), 10280–10286. https://doi.org/10.36040/jati.v9i6.16416

Jayusman, H., Mahardika, F., & Ratih, R. (2025). Implementation of barcodes in the mobile-based Okeshop MSME inventory system. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 10(4), 3113–3123. https://doi.org/10.29100/jipi.v10i4.6693

Kurniyanti, V. A., & Murdiani, D. (2022). Perbandingan model Waterfall dengan Prototype pada pengembangan system informasi berbasis website. *Jurnal Syntax Fusion*, 2(8), 669–675. https://doi.org/10.54543/fusion.v2i08.210

Martinus, Wahab, M. S., Yudi, & Ham, H. (2021). Data transmission using RFID system on Keranjang Belanja Cerdas for checkout process efficiency in supermarket at Indonesia. *Procedia Computer Science*, 179, 902–912. https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.080

Muladi, R. I., Muchsam, Y., & Hamdallah, F. (2026). Rancang bangun aplikasi web Tetok: Sistem penjualan mandiri dan kasir dengan pembayaran digital dan integrasi barcode scanner. *JIKOMTI: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 3(1), 16–23.

Novrina, P. D., Satria, H., Meifari, V., Indriaty, N., & Syahputra, D. R. (2024). Optimalisasi adopsi teknologi 4.0 penggunaan aplikasi kasir pintar berbasis Android terhadap kualitas laporan laba rugi di UMKM Kepripunyecerite. *Jurnal Ilmiah Raflesia Akuntansi*, 10(2), 452–462. https://doi.org/10.53494/jira.v10i2.603

Nugraha, K. A. (2024). Efisiensi pertukaran data client-server menggunakan Web Socket pada perangkat berbasis Internet of Things. *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, 10(1), 33–39. https://doi.org/10.26418/jp.v10i1.73145

Pramudita, R., & Setyawan, K. (2022). Sistem smart class berbasis Internet of Things dengan menggunakan metode *prototype. SMARTICS Journal*, 8(1), 28–34. https://doi.org/10.58369/biit.v4i1.136

Prasetya, A. R., Putra, D. H., Kencana, W., & Haryono, W. (2025). Perancangan sistem inventory berbasis web dengan barcode scanner untuk pengelolaan barang pada CV D'Lantik Art Project menggunakan metode Agile. *Buletin Ilmiah Informatika Teknologi*, 4(1), 1–9. https://doi.org/10.58369/biit.v2i3.136

Pratama, R., Siambaton, M. Z., & Haramaini, T. (2022). Implementasi Internet of Things pada sistem kendali suhu dan kelembaban rak server berbasis mikrokontroler. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 1(4), 145–153. https://doi.org/10.56211/sudo.v1i4.129

Sorri, K., Mustafee, N., & Seppänen, M. (2022). Revisiting IoT definitions: A framework towards comprehensive use. *Technological Forecasting and Social Change*, 179, Article 121623. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121623