

RANCANG BANGUN TROLLEY DENGAN SISTEM CHECKOUT OTOMATIS BERBASIS IOT MENGGUNAKAN METODE BARCODE EAN-13

Dhea Anggita Hermanto, Farid Akbar Siregar

Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan, Indonesia
dheaanggitah@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) mendorong munculnya inovasi dalam sektor ritel untuk meningkatkan kenyamanan konsumen, khususnya dalam mengatasi permasalahan antrean panjang di kasir yang dapat mengurangi kepuasan belanja. Penelitian ini merancang dan membangun sistem *Smart Trolley* berbasis IoT dengan metode barcode EAN-13 yang berfungsi melakukan checkout otomatis. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan barcode scanner, LCD 20x4, dan koneksi Wi-Fi untuk mencatat transaksi secara real-time serta menampilkan informasi produk pada dashboard berbasis web. Metode penelitian dilakukan melalui observasi, studi literatur, perancangan, perakitan perangkat keras, implementasi perangkat lunak, dan pengujian *blackbox*. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu membaca barcode dengan akurat, menampilkan data produk secara langsung di LCD dan website, serta mengirimkan informasi transaksi ke server dengan stabil meskipun terdapat kendala minor pada koneksi jaringan. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mewujudkan troli belanja cerdas yang mampu mempermudah konsumen memantau total belanja, mempercepat proses checkout, meminimalisir kesalahan pencatatan, dan mengurangi antrean di kasir.

Kata kunci : *Internet of Things, ESP32, Barcode EAN-13, Checkout Otomatis*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di sektor ritel semakin pesat, terutama dalam meningkatkan kenyamanan dan efisiensi pengalaman belanja bagi konsumen. Salah satu tantangan utama yang sering dihadapi pelanggan adalah antrean panjang di kasir, yang dapat menurunkan tingkat kepuasan mereka. Studi menunjukkan bahwa sekitar 70% pelanggan cenderung meninggalkan antrean jika terlalu panjang, sementara 10% lainnya menganggap antrean sebagai faktor utama yang mengurangi kenyamanan dalam berbelanja [1].

Bisnis ritel modern di Indonesia mengalami pertumbuhan yang signifikan, dengan peritel besar seperti Alfamart dan Indomaret mencatat rata-rata pertumbuhan bisnis sebesar 9% per tahun [2]. Peningkatan jumlah pelanggan di minimarket dan supermarket berdampak pada lonjakan antrean kasir yang tidak dapat dihindari. Apabila jumlah kasir terlalu sedikit, antrean menjadi lebih panjang dan mengurangi kepuasan pelanggan. Sebaliknya, jika jumlah kasir terlalu banyak, biaya operasional meningkat [3].

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini, yaitu bagaimana merancang dan membangun sistem troli belanja otomatis berbasis IoT yang mampu membaca barcode EAN-13 dengan akurat, bagaimana sistem dapat menampilkan data produk serta total belanja secara real-time melalui LCD, dan bagaimana sistem dapat mengirimkan data transaksi ke server untuk mendukung proses checkout otomatis dengan komunikasi client-server yang stabil dan efisien.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun prototipe troli pintar berbasis IoT dengan metode identifikasi produk menggunakan barcode EAN-13, mengembangkan sistem tampilan data belanja melalui LCD yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32, serta mengimplementasikan komunikasi antara troli dan server untuk mendukung proses checkout otomatis. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menguji performa sistem dalam membaca barcode, menghitung total belanja, dan mengirimkan data ke server secara real-time guna memastikan kestabilan sistem yang dirancang.

Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan sistem, meliputi identifikasi komponen perangkat keras seperti ESP32, sensor barcode, LCD, serta perangkat lunak seperti Arduino IDE dan database server. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, mencakup pembuatan diagram blok, flowchart, dan rancangan antarmuka pengguna. Setelah itu dilakukan implementasi, yaitu proses perakitan perangkat keras dan pemrograman mikrokontroler agar seluruh komponen dapat berkomunikasi secara optimal. Selanjutnya dilakukan pengujian dan evaluasi untuk memastikan sistem dapat membaca barcode EAN-13 dengan akurasi tinggi, menampilkan data pada LCD, serta mengirim hasil pembacaan ke server dengan koneksi yang stabil. Terakhir dilakukan analisis hasil dan penyempurnaan sistem agar performa troli pintar semakin efisien dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Oleh karena itu, diperlukan solusi inovatif untuk mengatasi antrean tanpa menambah beban biaya operasional. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan teknologi berbasis smartphone dan Internet of Things untuk sistem checkout otomatis dan teknologi quick response (QR) code memungkinkan pelanggan memindai produk menggunakan kamera smartphone dan menyelesaikan pembayaran tanpa perlu mengantre di kasir [4]. Studi terbaru menunjukkan bahwa sistem checkout berbasis RFID dapat meningkatkan efisiensi transaksi hingga 93% dengan menghilangkan kebutuhan pemindaian manual di kasir [5]. Selain meningkatkan efisiensi berbelanja, troli pintar berbasis Android juga dapat membantu pelanggan menemukan lokasi barang di dalam supermarket, sehingga mempermudah pencarian produk [6]. Penerapan sistem berbasis IoT dengan dukungan Arduino dalam troli pintar terbukti mampu mengurangi antrean kasir secara signifikan. Dari sisi ekonomi, penerapan Smart Trolley berbasis smartphone dan BLE dapat mengurangi biaya operasional dengan menggantikan pemindai konvensional menggunakan perangkat yang sudah dimiliki pelanggan [7].

Barcode EAN-13 (*European Article Number-13*) adalah sistem pengkodean produk yang terdiri dari 13-digit numerik. Barcode ini banyak digunakan di industri ritel untuk mengidentifikasi produk secara unik dan efisien. Penggunaan barcode EAN-13 memungkinkan otomatisasi proses transaksi, seperti pemindaian produk dan perhitungan total belanja, sehingga mengurangi waktu antrian di kasir [8].

Melalui tahapan tersebut, diharapkan sistem troli belanja otomatis berbasis IoT menggunakan metode barcode EAN-13 ini dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan efisiensi proses checkout dan kenyamanan berbelanja di toko ritel modern, sekaligus mendukung transformasi digital di bidang perdagangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Nurul et al merancang troli belanja pintar menggunakan barcode scanner GM66 dan NodeMCU ESP8266. Sistem ini mampu menampilkan data harga secara real-time pada LCD dan website, sehingga mengurangi antrean kasir. Akan tetapi, sistem tersebut masih memiliki keterbatasan pada jangkauan barcode scanner dan kestabilan koneksi Wi-Fi yang digunakan [1].

Selanjutnya, Wibowo et al. mengembangkan alat kasir otomatis berbasis RFID dengan conveyor belt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi barang secara simultan dengan akurasi tinggi. Namun, keterbatasan muncul pada kapasitas conveyor yang hanya dapat membaca tiga barang sekaligus serta biaya implementasi RFID yang cukup besar [5].

Alwi et al. merancang troli berbasis Arduino Uno dengan barcode scanner dan aplikasi Android. Sistem ini berfungsi untuk menghitung total harga belanjaan

sekaligus membantu pencarian kategori barang di supermarket. Meski demikian, sistem masih mengandalkan pemindaian manual sehingga proses checkout tidak sepenuhnya otomatis [9].

Wahyuni melakukan penelitian dengan mengembangkan prototipe troli otomatis menggunakan Arduino UNO R3 yang dilengkapi sensor ultrasonik dan Bluetooth. Sistem ini dapat mengikuti pengguna saat berbelanja sehingga mempermudah konsumen, khususnya lansia dan penyandang disabilitas, dalam membawa barang. Namun, keterbatasan sistem terletak pada jarak deteksi sensor yang terbatas dan belum adanya integrasi dengan sistem pembayaran otomatis [10].

2.1. Belanja

Belanja merupakan aktivitas memperoleh barang atau jasa untuk memenuhi kebutuhan maupun keinginan, yang secara tradisional dilakukan melalui toko fisik seperti pasar atau supermarket [11].

2.2. Troli Belanja

Troli belanja pertama kali diciptakan oleh Sylvan Nathan Goldman pada 4 Juni 1937 untuk memberikan kenyamanan pelanggan dalam membawa barang belanjaan yang banyak dan berat di supermarket.

2.3. Barcode

Barcode merupakan sistem pengkodean berbentuk pola garis atau simbol yang dapat dibaca mesin untuk menyimpan dan mentransmisikan data. Teknologi ini banyak dimanfaatkan di sektor ritel, farmasi, manufaktur, hingga kesehatan karena mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, dan mempercepat proses administrasi [12]. Sistem troli pintar berbasis *client-server* terbukti efektif dalam mempercepat proses transaksi dan sinkronisasi data antar perangkat [17].

2.4. Python

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat open source, mudah dipahami, dan memiliki sintaks sederhana, sehingga cocok digunakan baik oleh pemula maupun profesional. Python dirancang untuk keterbacaan kode yang baik dan memungkinkan penulisan program lebih ringkas dibandingkan bahasa lain seperti C++ atau Java [13].

2.5. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan *Integrated Development Environment* untuk menulis, mengunggah, dan mengelola kode pada papan mikrokontroler Arduino. Dengan antarmuka sederhana berbasis Java, Arduino IDE banyak dimanfaatkan dalam otomasi, robotika, dan Internet of Things [14].

2.6. ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler dengan prosesor dual-core, RAM besar, serta dukungan Wi-Fi dan

Bluetooth. Mikrokontroler ini banyak digunakan untuk sistem IoT karena mendukung komunikasi real-time [15]. Beberapa penelitian telah memilih ESP32 sebagai mikrokontroler pada troli pintar karena kemampuannya untuk mengelola koneksi jaringan, pemrosesan data, dan antarmuka pengguna dalam satu modul tunggal [19].

2.7. LCD 20 x 4

LCD 20x4 adalah modul tampilan dengan kapasitas 20 karakter x 4 baris. Dalam *Smart Trolley*, LCD digunakan untuk menampilkan nama produk, harga, dan total belanja secara real-time [16]. Dalam sistem troli pintar, layar LCD berperan penting untuk menampilkan harga barang yang dipindai sehingga pengguna dapat memantau biaya tanpa harus beralih ke perangkat eksternal [18].

2.8. Barcode Scanner

Barcode scanner adalah perangkat input yang berfungsi membaca dan menerjemahkan informasi dalam bentuk kode batang menjadi data digital yang dapat diproses komputer atau sistem elektronik lainnya. Alat ini bekerja dengan memindai pola garis hitam-putih pada barcode 1D atau bentuk geometris pada barcode 2D menggunakan sensor cahaya atau kamera, kemudian mengonversinya menjadi sinyal listrik yang diinterpretasikan sebagai data numerik atau alfanumerik [12].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa perangkat keras dan perangkat lunak (*hardware & software engineering research*) dengan pendekatan eksperimen. Fokus penelitian diarahkan pada perancangan, pembangunan, serta pengujian sistem *Smart Trolley* berbasis IoT menggunakan metode barcode EAN-13 dan mikrokontroler ESP32.

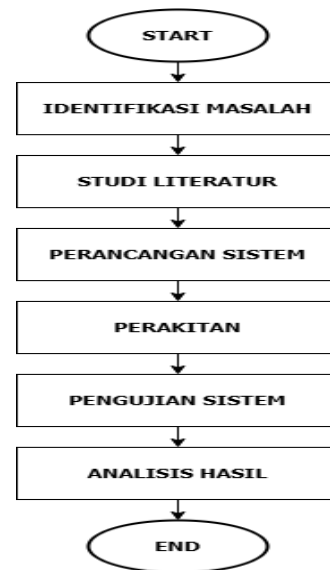
3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yaitu melalui observasi, di mana peneliti mengamati objek penelitian secara langsung. Tujuan observasi ini adalah untuk melengkapi dan menyaring informasi yang relevan. Dalam penelitian rancang bangun troli cart, metode ini digunakan untuk mengamati secara langsung proses belanja dan sistem checkout di supermarket untuk memahami kendala yang dihadapi pelanggan, seperti antrean panjang, keterlambatan kasir, serta kesalahan pemindaian barcode.

3.2. Tahapan Penelitian

Pada gambar 1, dapat dilihat bahwa tahapan penelitian dalam pengembangan *Smart Trolley* dilakukan secara sistematis mulai dari studi literatur, yaitu mengumpulkan referensi dari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan IoT, barcode, dan mikrokontroler ESP32 untuk memperkuat dasar teori. Selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan, yang mencakup identifikasi

perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan, seperti ESP32, barcode scanner, LCD 20x4, Arduino IDE, dan Python.



Gambar 1. Tahapan penelitian

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, meliputi pembuatan blok diagram, diagram alir, perancangan database, serta rancangan antarmuka pengguna pada LCD dan dashboard web. Setelah rancangan selesai, penelitian masuk ke tahap implementasi berupa perakitan perangkat keras serta pengembangan perangkat lunak untuk mikrokontroler dan server. Selanjutnya dilakukan pengujian sistem dengan metode *black-box testing* untuk menguji fungsionalitas, serta uji kinerja untuk menilai kecepatan, akurasi, dan kestabilan sistem. Hasil pengujian kemudian dievaluasi untuk mengetahui kelebihan, kelemahan, serta tingkat keberhasilan sistem sebagai solusi checkout otomatis di supermarket.

3.3. Perancangan dan Gambaran Umum

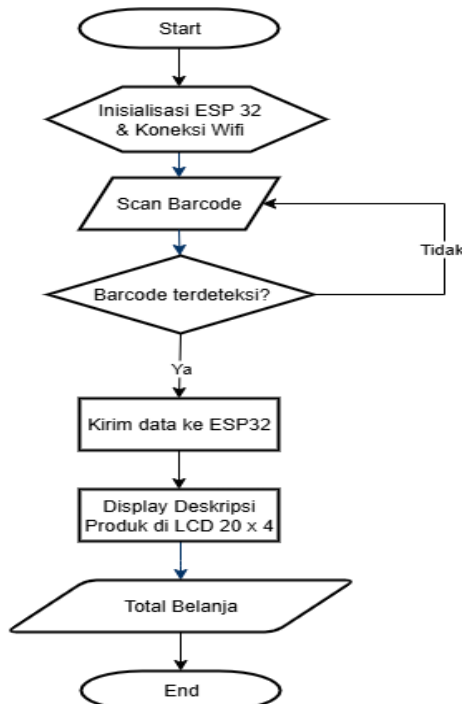


Gambar 2. Perancangan

Gambar 2 memberikan gambaran umum mengenai proses pemindaian barcode dalam sistem troli belanja pintar. Proses dimulai ketika pengguna memanfaatkan barcode scanner yang telah terpasang di troli untuk memindai barcode pada produk yang

ingin dibeli. Website ini membaca kode batang pada kemasan produk untuk memperoleh informasi penting seperti nama produk dan harga.

3.4. Flowchart Sistem

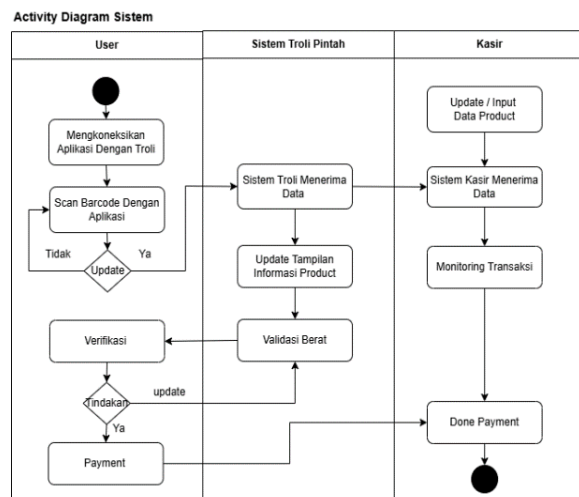


Gambar 3. Flowchart system

Flowchart ini menggambarkan alur kerja sistem troli belanja pintar yang memanfaatkan aplikasi pemindai barcode pada smartphone dan mikrokontroler ESP32.

3.5. Activity Diagram

Activity diagram ini menggambarkan alur kerja sistem troli belanja pintar dengan checkout otomatis dan metode EAN-13 Barcode. Berikut ini adalah Activity Diagram yang menggambarkan alur interaksi dalam sistem ini.

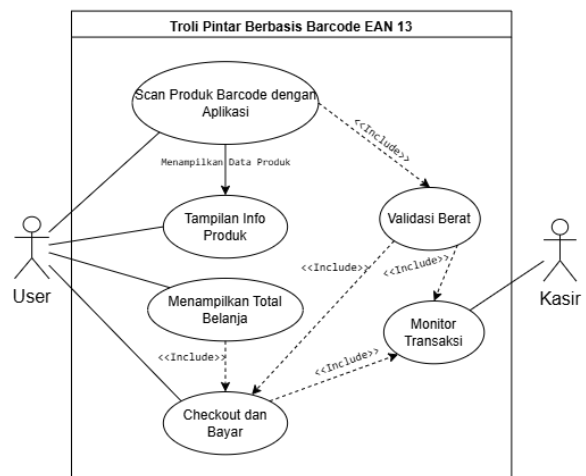


Gambar 4. Activity diagram system

Diagram aktivitas pada Sistem Troli Pintar Berbasis Barcode EAN-13 menggambarkan alur interaksi antara User, Sistem Troli Pintar, dan Kasir dalam mendukung proses belanja otomatis di supermarket. Diagram ini merinci langkah-langkah yang dilakukan oleh pengguna, dimulai dari menghubungkan aplikasi dengan troli pintar, memindai barcode produk, hingga menyelesaikan pembayaran.

3.6. Use Case Diagram Sistem

Use Case diagram ini menggambarkan alur kerja sistem troli belanja pintar dengan checkout otomatis dan metode EAN-13 Barcode. Diagram use case untuk Sistem Troli Pintar Berbasis Barcode EAN-13 menunjukkan interaksi antara dua aktor utama: User, dan Kasir dalam mendukung proses belanja otomatis di supermarket. Berikut ini adalah diagram use case yang menggambarkan alur interaksi antar aktor dalam sistem ini.



Gambar 5. Use case diagram

User menggunakan aplikasi untuk melakukan beberapa fungsi utama, seperti memindai barcode produk, melihat informasi barang, memantau total belanja, melakukan checkout, dan melakukan pembayaran. Selain itu, sistem bertugas untuk menampilkan informasi produk, memperbarui total belanja, dan mengirim data transaksi ke sistem kasir. Di sisi lain, Kasir dapat memantau transaksi yang sedang berlangsung melalui sistem kasir. Sistem ini menampilkan seluruh aktivitas belanja dan proses checkout yang dilakukan oleh pengguna, sehingga kasir dapat melakukan pengecekan atau validasi tambahan apabila diperlukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

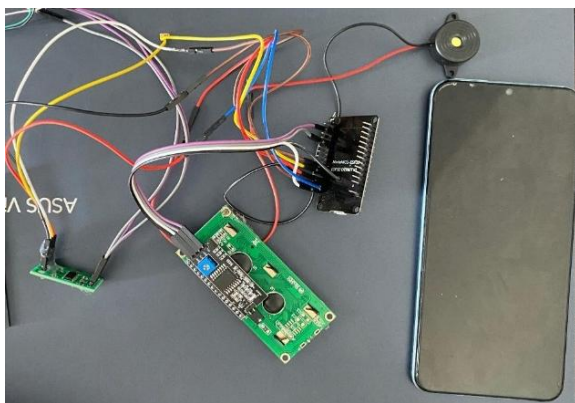
4.1. Perangkat yang Digunakan

Dalam penelitian ini dirancang sistem troli pintar berbasis IoT menggunakan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi.

4.2. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini meliputi komponen-komponen elektronik dan komputer yang mendukung jalannya sistem. Berikut adalah daftar perangkat keras yang digunakan:

- Mikrokontroler ESP32**
ESP32 adalah sebuah mikrokontroler dengan WiFi & Bluetooth bawaan. Memungkinkan sistem untuk memproses data, membaca sensor, dan mengirimkan data ke server secara nirkabel yang berguna sebagai otak dari sistem yang mengontrol semua komponen (sensor barcode scanner, LCD, buzzer, komunikasi).
- Kabel Jumper**
Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan antar komponen di breadboard atau mikrokontroler. Kabel jumper sebagai media untuk menyusun rangkaian elektronik sementara tanpa harus menyolder.
- LCD 16x2 dengan modul I2C**
LCD menampilkan output berupa teks. Modul I2C untuk menampilkan informasi seperti nama barang, total harga atau status system.
- Buzzer**
Buzzer merupakan alat sederhana yang menghasilkan bunyi sebagai notifikasi ketika system trolley menyala.
- Laptop atau Pc untuk pemrograman**
Laptop digunakan untuk menjalankan software IDE seperti Arduino yang diperlukan untuk memprogram ESP32.
- Smartphone untuk website**
Sebagai antarmuka pengguna untuk mengontrol, memantau dan menerima data dari system melalui aplikasi.



Gambar 6. Perangkat keras yang digunakan

4.3. Perangkat Lunak

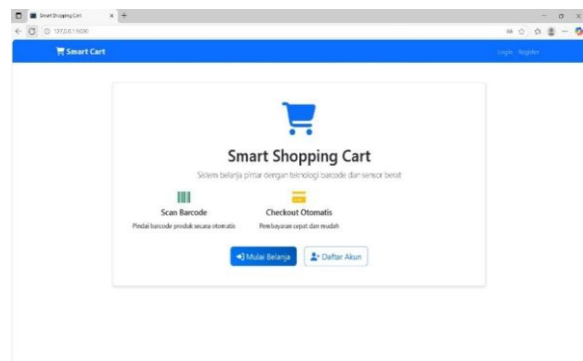
Perangkat lunak yang digunakan dalam system ini antara lain :

- Arduino IDE, untuk memprogram mikrokontroler ESP32
- Kodular, untuk membuat atau mendesain tampilan mobile berbasis android.

4.4. Hasil Perancangan Sistem

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem *Smart Trolley* menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali utama. Komponen utama yang digunakan meliputi sensor barcode scanner EAN-13, modul LCD 16x2, dan koneksi WiFi untuk mengirimkan data ke server. Trolley dilengkapi dengan tempat penempatan produk serta modul daya berupa baterai portable untuk mendukung mobilitas perangkat di lingkungan swalayan.

Aplikasi IoT dikembangkan berbasis web server menggunakan bahasa Python (Flask) dan database MySQL. Sistem ini menampilkan daftar produk yang telah dipindai, harga masing-masing produk, serta total belanja pelanggan. Selain itu, data hasil transaksi dikirim dan disimpan ke server untuk proses checkout otomatis.



Gambar 7. Tampilan Website

4.5. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan metode *black-box* untuk memastikan fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa barcode dapat dibaca dengan tingkat akurasi yang tinggi dan informasi produk berhasil ditampilkan pada LCD serta dashboard tanpa keterlambatan yang signifikan. Waktu respon rata-rata dari proses pemindaian hingga data tampil adalah kurang dari 2 detik, sehingga dianggap cukup cepat untuk mendukung sistem checkout otomatis.

Selain itu, sistem juga diuji dari segi kestabilan jaringan. Meskipun terdapat kendala minor seperti gangguan koneksi Wi-Fi, secara umum sistem mampu menjaga komunikasi data secara real-time antara perangkat dan server. Evaluasi keseluruhan menunjukkan bahwa *Smart Trolley* yang dikembangkan dapat mempercepat proses transaksi, mengurangi antrian kasir, serta memberikan pengalaman belanja yang lebih efisien bagi konsumen.

Tabel 1. Pengujian Sistem

No	Nama Fitur	Input	Output yang Diharapkan	Keterangan
1	Inisialisasi ESP32 & Wi-Fi	Sistem dinyalakan	ESP32 terhubung ke jaringan Wi-Fi dan siap digunakan	Sesuai harapan
2	Pemindaian Barcode	Barcode valid dari produk	Nama dan harga produk tampil di dashboard web	Barcode terbaca jelas
3	Pemindaian Barcode Kosong	Barcode tidak sesuai / rusak	Sistem menolak atau tidak memproses input	Sistem menangani error
4	Kirim Data ke Firebase	Barcode berhasil dipindai	Data terkirim ke Firebase dan muncul di database	Koneksi aktif
5	Tampilkan Produk di Dashboard	Data dari Firebase	Dashboard menampilkan daftar produk yang dipindai	Tampilan sesuai
6	Scan Produk Sama 2 Kali	Scan barcode produk yang sama 2x	Produk muncul dua kali dalam daftar dengan jumlah sesuai	Sistem menghitung ulang
7	Tidak Ada Input Barcode	Tidak ada barcode discan	Sistem tetap menunggu input tanpa error	Idle normal
8	Koneksi Wi-Fi Terputus	Putus jaringan saat scan barcode	Muncul notifikasi error atau data tidak terkirim	Error tertangani

Dari tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa hasil setiap pengujian menunjukkan bahwa sistem berjalan sesuai dengan harapan, dengan status “Berhasil” pada semua fitur yang diuji. Pengujian ini membuktikan bahwa komunikasi antara perangkat keras (ESP32, LCD, buzzer, barcode scanner) dan perangkat lunak (server web berbasis Python dan database) berfungsi dengan baik. Sistem juga mampu menangani kondisi kesalahan seperti barcode rusak atau koneksi Wi-Fi terputus tanpa menyebabkan gangguan fatal.

4.6. Hasil Pengujian



Gambar 8. Tampilan LCD dan Website

Berdasarkan gambar 8 diatas, fitur pemindaian barcode berhasil menunjukkan sistem mampu membaca kode produk dengan benar dan menampilkannya di LCD serta dashboard. Dari hasil pengujian, barcode yang valid langsung memunculkan nama dan harga produk secara real-time, sedangkan barcode yang tidak terdaftar ditolak oleh sistem. Hal ini membuktikan bahwa proses komunikasi antara barcode scanner, mikrokontroler ESP32, dan tampilan output berjalan sesuai dengan perancangan, serta sistem dapat memfilter input sehingga hanya data yang sesuai yang diproses

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem *Smart Trolley* berbasis IoT dengan metode barcode EAN-13 dan mikrokontroler ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem mampu membaca barcode produk dengan akurasi tinggi, menampilkan informasi harga dan total belanja secara real-time melalui LCD 20x4, serta mengirimkan data transaksi ke server yang terintegrasi dengan dashboard web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu respon pemindaian cukup cepat dan sistem dapat bekerja secara stabil meskipun terdapat kendala minor pada koneksi jaringan. Dengan demikian, *Smart Trolley* ini terbukti dapat mempercepat proses checkout, mengurangi antrian kasir, serta meningkatkan efisiensi belanja di supermarket.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar sistem *Smart Trolley* dilengkapi dengan metode pembayaran digital terintegrasi, seperti QRIS atau e-wallet, sehingga proses checkout dapat berlangsung sepenuhnya otomatis tanpa perlu melalui kasir. Selain itu, peningkatan kestabilan jaringan dan optimasi basis data diperlukan agar sistem mampu menangani jumlah pengguna yang lebih besar secara bersamaan. Pengembangan desain fisik troli yang lebih ergonomis dan penambahan fitur keamanan juga dapat dipertimbangkan agar sistem ini semakin layak digunakan pada implementasi nyata di lingkungan ritel modern.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. F. Nurul, A. Asran, S. Salahuddin, and F. N. F. Nisa, “Rancang bangun troli belanja pintar di supermarket berbasis Internet of Things,” *J. Tek. Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, vol. 6, no. 1, pp. 48–57, 2024.
- [2] J. O. Ong, A. H. Sutawijaya, and A. B. Saluy, “Strategi inovasi model bisnis ritel modern di era industri 4.0,” *J. Ilm. Manaj. Bisnis*, vol. 6, no. 2, pp. 201–207, 2020.

- [3] H. Handayani, "Analisis antrian pada mini market dengan menggunakan teori antrian untuk menentukan pelayanan yang optimal," *UG Journal*, vol. 7, no. 7, 2013.
- [4] A. Surekha, P. R. Anand, and I. Indu, "E-payment transactions using encrypted QR codes," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 10, no. 77, pp. 460–463, 2015.
- [5] G. H. Wibowo, S. P. Kristanto, J. A. Prasetyo, and R. M. Aprilieno, "Rancang bangun alat kasir barang otomatis berbasis RFID," *J. ELTEK*, vol. 21, no. 2, pp. 42–49, 2023.
- [6] L. Kommavarapu, T. Mangu, S. P. Macherla, and B. M. M. Tripathi, "Smart trolley for quick shopping," in *2024 IEEE Int. Conf. on Computing, Power and Communication Technologies (IC2PCT)*, vol. 5, pp. 141–144, Feb. 2024.
- [7] K. Mundada, A. Gaikwad, D. Deshpande, V. Deshpande, and S. Dhumal, "Enhanced shopping experience: Integrating load cell technology with Arduino in smart trolley systems," in *2024 Second Int. Conf. on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ICETITE)*, pp. 1–5, Feb. 2024.
- [8] Y. Christavian, "TA: Rancang bangun aplikasi smart trolley dengan teknologi barcode pada supermarket," Doctoral Dissertation, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, 2017.
- [9] M. Alwi, A. J. Lubis, and U. Khair, "Perancangan Troli Penghitung Total Harga Barang dan Pencari Kategori Barang," 2021.
- [10] T. Wahyuni, W. Rohmanudin, and A. Bastian, "Pengembangan prototipe troli otomatis menggunakan Arduino Uno R3 berbasis Android," *J-ENSITEC*, vol. 7, no. 2, pp. 535–539, 2021.
- [11] X. Liu, F. Zhen, M. Zhang, and G. L. Xi, "Research review of online shopping impact on personal travel and urban retail space and implications," *Prog. Geogr.*, vol. 34, no. 1, pp. 48–54, 2015.
- [12] R. Gupta, "Barcode for retail store operations—The perfect tool at low cost," *Int. J. Retail & Distrib. Manag.*, vol. 48, no. 7, pp. 789–803, 2020.
- [13] M. Lutz, *Learning Python*, 5th ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2013.
- [14] P. Madan, L. Dhama, R. Dahiya, and R. Doda, "A review paper on Arduino research papers," *Int. J. for Res. in Appl. Sci. & Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 2706–2710, 2019.
- [15] S. Sujito, S. Sulur, M. N. Hudha, N. Winarno, and S. Sunardi, "Enhanced learning: Designing bifocal modeling practicum tools with ESP32 for exploring kinetic theory of gases," *Momentum: Phys. Educ. J.*, vol. 8, no. 2, pp. 249–260, 2024.
- [16] A. Prasetyo and D. Kurniawan, "Implementasi LCD 20x4 pada Sistem Embedded," *J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 9, no. 2, pp. 45–52, 2021.
- [17] G. Habiby, M. Muskhair, R. Mukhaiyar, H. Habibullah, dan A. Luthfi, "Smart trolley based on client-server and computer vision," *Journal of Industrial Automation and Electrical Engineering*, Universitas Negeri Padang, Indonesia, 2024.
- [18] K. V. Sai Prasad, K. Karthik, O. Charan Kumar, Prathiksha B. S., dan Kavana Salimath, "Smart Shopping Trolley with Automated Billing," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 1295, art. no. 012008, 2023.
- [19] A. Ingale, S. Kshirsagar, dan P. Nikam, "IOT Based Smart Trolley For Mall Using ESP32 Microcontroller," *International Journal for Research Trends and Innovation (IJRTI)*, vol. 10, no. 3, Mar. 2025.