



Rancang Bangun Pencetak Kertas Stiker Nirkabel Berbasis ESP32 untuk Pencetakan Kode QR

Yoga Putra Pratama ^{1*}, Rachmah Nanda Kartika ², Achmad Dzaki ³, Agam Maulana Putra ⁴, Khalda Khairunnisa Mulyana ⁵, Fatimah Nurina Adlina ⁶, Misykah Nur Fithriyah ⁷, Emmidia Djonaedi ⁸

¹⁻⁸ Program Studi Teknologi Rekayasa Cetak dan Grafis 3 Dimensi, Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi : yoga.putra.pratama@grafika.pnj.ac.id

Abstract. *The rapid adoption of digital transactions and contactless services has driven the demand for compact, flexible printing systems, particularly for Quick Response (QR) codes. This study designs and evaluates an ESP32-based wireless sticker paper printer tailored for real-time QR code generation and printing. Using a Research and Development (R&D) approach based on the Borg and Gall model, the prototype integrates an ESP32 microcontroller, a 58 mm Bluetooth thermal printer, an I2C 16x2 LCD display, and push-button inputs. System performance was analyzed based on software-hardware integration and Bluetooth Response Time (BRT) across varying distances. The results demonstrate that the system operates reliably within a 2 to 8-meter range, maintaining a stable response time of 95–96 ms. At 10 meters, response time increases significantly to 2,908 ms due to packet loss, while distances exceeding 10 meters lead to disconnection ("BT Failed"). This standalone system offers a responsive, cost-effective wireless printing solution for QR code labeling in micro, small, and medium enterprises.*

Keywords: *Bluetooth; ESP32; QR Code; Sticker Paper; Thermal Printer.*

Abstrak. Pesatnya adopsi transaksi digital dan layanan nirkontak mendorong kebutuhan sistem pencetakan yang ringkas dan fleksibel, khususnya untuk Kode Quick Response (QR). Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi printer kertas stiker nirkabel berbasis ESP32 yang dirancang untuk pembuatan dan pencetakan Kode QR secara real-time. Menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) model Borg dan Gall, prototipe mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, printer termal Bluetooth 58 mm, penampil LCD 16x2 I2C, dan tombol tekan. Kinerja sistem dianalisis berdasarkan integrasi perangkat keras-lunak serta Bluetooth Response Time (BRT) pada variasi jarak. Hasil pengujian menunjukkan sistem beroperasi andal pada jarak 2 hingga 8 meter dengan waktu respons stabil pada 95–96 ms. Pada jarak 10 meter, waktu respons meningkat signifikan menjadi 2.908 ms akibat packet loss, dan koneksi terputus ("BT Failed") pada jarak melebihi 10 meter. Sistem mandiri ini menawarkan solusi pencetakan nirkabel Kode QR yang responsif dan hemat biaya untuk Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM).

Kata kunci: Bluetooth; ESP32; Kertas Stiker; Kode QR; Printer Termal.

1. LATAR BELAKANG

Pesatnya perkembangan teknologi digital telah mengubah paradigma sistem transaksi dan pelayanan konvensional menuju bentuk yang lebih praktis, fleksibel, dan terintegrasi. Salah satu teknologi pengodean yang mengalami adopsi sangat masif adalah Quick Response Code (Kode QR) (Armaijn et al., 2024). Kode QR banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi modern, mulai dari sistem pembayaran nirkontak (QRIS), tiket elektronik, sistem antrian otomatis (Mandala & Susanto, 2023; Komaludin & Setyanto, 2026), hingga pelabelan barang pada manajemen inventaris. Dalam penerapannya di lapangan, data berbasis Kode QR sering kali tetap memerlukan bentuk fisik yang dicetak secara instan. Kebutuhan pencetakan

fisik ini mendorong tingginya penggunaan teknologi pencetakan termal (thermal printing)(Tjia et al., 2022). Pencetak termal memiliki keunggulan utama berupa ukuran perangkat yang ringkas, proses pencetakan yang cepat, konsumsi daya yang efisien, serta tidak memerlukan tinta atau pita cetak (ribbon) karena memanfaatkan reaksi panas pada kertas khusus. Teknologi komunikasi nirkabel (*wireless*) menawarkan keunggulan dalam meningkatkan mobilitas dan fleksibilitas operasional perangkat lunak maupun keras(Mahdi et al., 2021). Salah satu protokol nirkabel yang banyak diterapkan adalah Bluetooth, yang memungkinkan pertukaran data jarak pendek antar peranti elektronik tanpa memerlukan infrastruktur jaringan yang kompleks(Gusmalawati¹ & , Rodiyati Azrianingsih^{2, 3}, 2022). Penerapan konektivitas Bluetooth pada perangkat pencetak memungkinkan instruksi cetak dikirimkan secara langsung dari pengontrol (*controller*) ke printer, sehingga meningkatkan kepraktisan ruang kerja (Prasetyo et al., 2023). Akan tetapi, keandalan dan efisiensi sistem cetak nirkabel sangat dipengaruhi oleh pemrosesan pada mikrokontroler yang digunakan(Budi et al., 2022).

2. KAJIAN TEORITIS

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Frasisca, 2022) mengembangkan sistem pencetak nirkabel berbasis Arduino Uno. Namun, papan Arduino Uno tidak dilengkapi dengan modul komunikasi internal, sehingga memerlukan modul Bluetooth tambahan (seperti HC-05). Penggunaan modul eksternal ini menambah kompleksitas perkabelan, memperbesar ukuran fisik peranti, serta meningkatkan potensi kegagalan koneksi antar modul(Sudarmaji & Irawan, 2023; Fahrezi et al., 2026). Keterbatasan tata letak dan integrasi hardware tersebut membuka peluang riset untuk memanfaatkan sistem mikrokontroler terpadu yang telah memiliki fitur komunikasi nirkabel bawaan.

Mikrokontroler ESP32 hadir sebagai solusi komprehensif atas keterbatasan tersebut. Perangkat ini telah dilengkapi dengan modul Bluetooth (Classic & BLE) serta Wi-Fi terintegrasi pada satu chip(Nizam et al., 2022 Hayubi & Desmira, 2026) . Selain itu, ESP32 memiliki jumlah pin General Purpose Input/Output (GPIO) yang memadai untuk dihubungkan ke berbagai peranti perifer seperti layar LCD I2C, tombol input, dan sensor. Fleksibilitas pemrogramannya didukung penuh oleh platform Arduino IDE yang menyediakan pustaka (library) luas untuk mempermudah integrasi perangkat keras dan perangkat lunak(Sibuea et al., 2021; Kristiawan, 2026) .

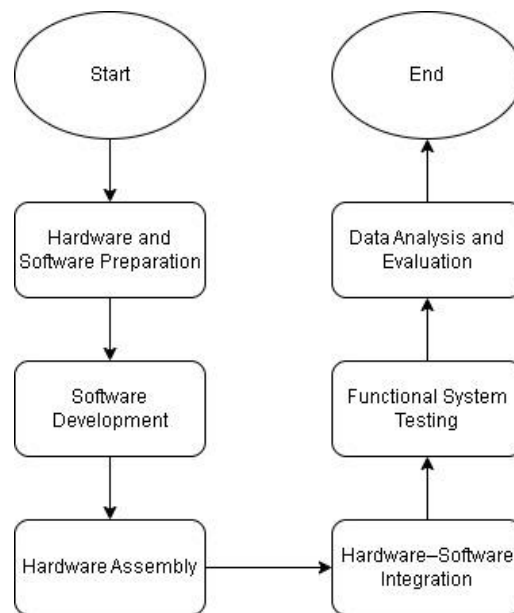
Mengacu pada permasalahan pada penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi kinerja pencetak kertas stiker nirkabel berbasis ESP32 yang dilengkapi antarmuka pemantauan LCD secara *real-time*. Perbedaan utama penelitian ini

berfokus pada pengujian analitis terkait pengaruh kuantitas data karakter dan jarak jangkauan komunikasi terhadap latensi (*response time*) pencetakan. Diharapkan sistem ini mampu menghasilkan solusi cetak yang ringkas, responsif, dan hemat biaya, serta memberikan kontribusi teknis dalam penerapan teknologi pencetakan nirkabel untuk peranti tertanam (*embedded system*) pada skala UMKM.

3. METODE PENELITIAN

Alur Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang diambil dari model pengembangan Borg dan Gall (Muthoharoroh & Marmoah, 2025). Tahapan penelitian dirancang secara sistematis untuk memastikan seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak dapat terintegrasi dengan baik sebelum pengujian kinerja dilakukan. Secara umum, tahapan riset ditunjukkan pada



Gambar 1. Alur perancangan Alat.

Persiapan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Papan pengembang ESP32 DevKit V1 sebagai unit pemrosesan pusat.
2. Pencetak termal Bluetooth (lebar kertas 58 mm) untuk media cetak stiker.
3. Layar LCD 16x2 dengan Modul I2C sebagai media tampilan status.
4. Tombol *Push Button* sebagai pemicu (*trigger*) instruksi cetak.
5. Sumber daya (Power Supply/Powerbank) dan kabel jumper penyambung.

Perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE (versi 2.3.6) sebagai lingkungan pengembangan kode program yang terdapat pada gambar 2



Gambar 2. Rancangan alat.

Pengembangan Perangkat Lunak dan Pustaka (*Library*)

Pemrograman dilakukan dengan memanfaatkan beberapa *Library*, yaitu:

1. *BluetoothSerial.h*: Mengelola komunikasi nirkabel serial antara ESP32 dan printer.
2. *Adafruit_Thermal.h*: Mengontrol perintah pencetakan pada mesin printer termal.
3. *Wire.h* dan *LiquidCrystal_I2C.h*: Mengatur komunikasi I2C untuk penampil LCD.

Prosedur Pengujian dan Evaluasi Kinerja

Kinerja sistem dievaluasi berdasarkan Kinerja Jangkauan Bluetooth (*Bluetooth Response Time - BRT*): Mengukur stabilitas sinyal, waktu respons, dan keberhasilan pencetakan pada jarak 2, 4, 6, 8, 10, dan >10 meter.

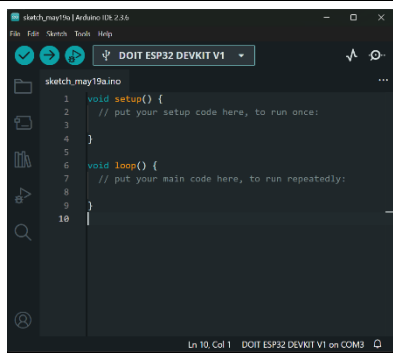
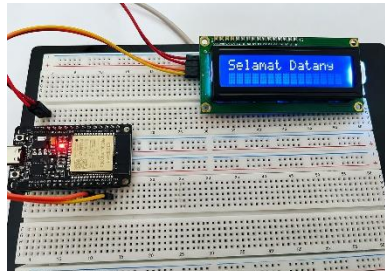
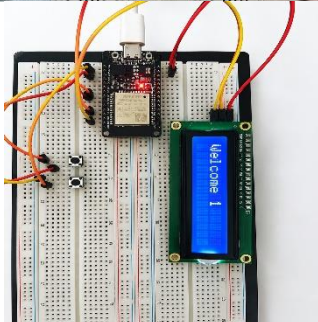
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Pengintegrasian seluruh komponen fisik menghasilkan sebuah sistem pencetak nirkabel yang ringkas. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali yang mengolah data masukan dari tombol tekan, menampilkan status pada layar LCD, dan meneruskan perintah cetak ke unit printer termal via Bluetooth. Pustaka *Adafruit_Thermal.h* dan *BluetoothSerial.h* berhasil diintegrasikan pada Arduino IDE. Sebelum pengujian dilakukan, printer termal menjalankan mekanisme *self-test* cetak internal untuk memperoleh informasi *MAC Address* Bluetooth 0x86,

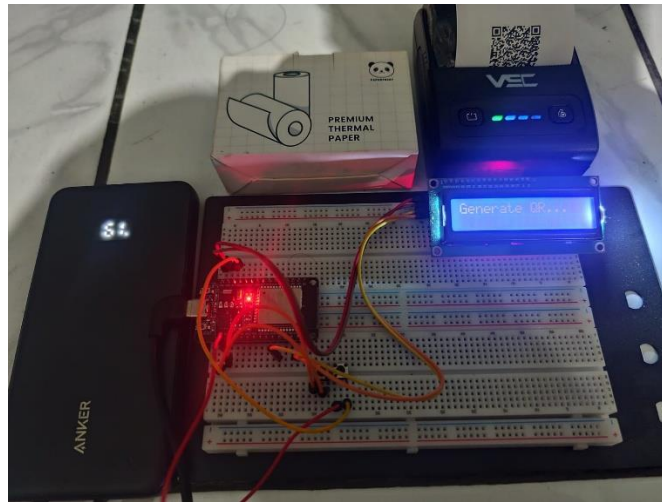
0x67, 0x7A, 0xA0, 0xDB, 0Xab. Berikut Adalah hasil integrasi Perangkat lunak dan perangkat keras yang terdapat pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Ujicoba Perangkat lunak dan Perangkat Keras.

Perangkat Keras	Library	Hasil Luaran
Microcontroller ESP32	ESP32 DEV KIT V1	
LCD	<code>#include <LiquidCrystal_I2C.h></code>	
Tombol dan LCD	<code>#include <Wire.h></code> <code>#include <LiquidCrystal_I2C.h></code>	
Bluetooth Thermal Printer	<code>#include "Adafruit_Thermal.h"</code>	

Pengujian fungsionalitas perangkat lunak pada Tabel 1 mengonfirmasi bahwa seluruh *library* program pada Arduino IDE beroperasi secara optimal. Penggunaan ESP32 DEV KIT V1 memungkinkan aktivasi fitur Bluetooth serial untuk mentransmisikan data Kode QR ke printer termal. layar LCD yang dikendalikan melalui *library* `#include <LiquidCrystal_I2C.h>` berfungsi menampilkan notifikasi proses cetak secara real-time saat tombol ditekan. Sementara

itu, eksekusi self-test pada printer termal digunakan untuk mengidentifikasi MAC Address Bluetooth dengan *thermal printer*. MAC Address tersebut diintegrasikan ke dalam ESP32 sebagai identifikasi target pengiriman instruksi dan matriks data Kode QR. Berikut adalah hasil cetak QR code menggunakan Bluetooth thermal printer yang di cetak pada *Sticker Thermal Paper*.



Gambar 3. Hasil Ujicoba Integrasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak.

Analisis Jangkauan Komunikasi Bluetooth

Pengujian jangkauan dilakukan untuk menentukan batasan jarak efektif (*coverage area*) komunikasi Bluetooth antara ESP32 dan printer termal. Pengujian dilakukan pada ruang terbuka (*line-of-sight*) dengan hasil yang terangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Kinerja Komunikasi Bluetooth Berdasarkan Variasi Jarak.

Jarak (Meter)	Status Koneksi Bluetooth	Waktu Respons (ms)	Hasil Cetak	Kualitas Komunikasi
2	Terhubung	96	Berhasil	Sangat Baik
4	Terhubung	96	Berhasil	Sangat Baik
6	Terhubung	95	Berhasil	Sangat Baik
8	Terhubung	95	Berhasil	Sangat Baik
10	Terhubung	2908	Berhasil	Lemah / Terhambat
>10	Terputus	-	Gagal	Terputus (BT Failed)

Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan bahwa batas jarak operasional ideal untuk komunikasi *bluetooth* ini berada pada rentang 2 hingga 8 meter. Pada rentang jarak tersebut, waktu respons sistem sangat stabil pada kisaran 95–96 ms dengan kualitas komunikasi yang sangat baik. Penurunan kualitas sinyal mulai terjadi pada jarak 10 meter, di mana latensi meningkat secara drastis hingga 2.908 ms (mengalami penundaan hampir 3 detik). Peningkatan latensi yang ekstrem ini disebabkan oleh tingginya tingkat kehilangan paket data (*packet loss*) sehingga memicu mekanisme pengiriman ulang (*retransmission*) pada lapisan protokol

Bluetooth. Ketika jarak diperluas melebihi 10 meter, daya pancar sinyal frekuensi radio (2.4 GHz) tidak lagi memadai untuk mempertahankan pemetaan koneksi, yang mengakibatkan koneksi terputus total dan sistem menampilkan notifikasi kesalahan "BT Failed" pada layar LCD.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe pencetak kertas stiker nirkabel berbasis ESP32 telah berhasil diimplementasikan dengan baik. Integrasi antara mikrokontroler ESP32, printer termal Bluetooth, layar LCD I2C, dan tombol tekan berjalan secara fungsional tanpa memerlukan modul eksternal. Jarak ideal komunikasi nirkabel berada pada rentang 2 hingga 8 meter dengan latensi stabil pada 95–96 ms. Pada jarak 10 meter, terjadi *delay* yang cukup tinggi (2.908 ms), dan koneksi terputus (*BT Failed*) jika jarak melebihi 10 meter. Penempatan perangkat ESP32 dan printer dipastikan berada dalam radius operasional kurang dari 8 meter.

DAFTAR REFERENSI

- Armajin, L., Darmayanti, D., Sonia, B., & Rochmat, H. (2024). *No Title 済無No Title No Title No Title*. 2(3), 306–312.
- Budi, A. S., Hanif Azhar Efendi, M., Bhawiyuga, A., & Ichsan, M. H. H. (2022). Penerapan Mekanisme Komunikasi Multi-hop pada Bluetooth Low Energy. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 9(2), 435–442. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022925684>
- Fahrezi, R. A., et al. (2026). Pengembangan sistem smart home berbasis IoT untuk monitoring dan pengendalian penggunaan energi listrik secara efisien. *JURNAL PENELITIAN TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS (JPTIS)*, 4(2). <https://doi.org/10.54066/jptis.v4i2.4188>
- Frasisca, S. (2022). *PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SENSOR HC-SR04 DAN Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Volume 7 Tahun 2022*. 7, 22–25.
- Gusmalawati, D., & Rodiyati Azrianingsih, Z. A. (2022). G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 100–109.
- Komaludin, D., & Setyanto, D. (2026). Peningkatan literasi teknologi sistem tertanam dan internet of things untuk aplikasi kendali cerdas pada mahasiswa. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1). <https://doi.org/10.62951/inovasisosial.v3i1.3009>
- Kristiawan, I. B. (2026). Perancangan sistem pendeteksi asap rokok berbasis IoT di pondok pesantren menggunakan sensor MQ-2 dan NodeMCU ESP8266. *Bridge: Jurnal Publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi*, 4(2). <https://doi.org/10.62951/bridge.v4i2.850>
- Mahdi, A., Rancang Bangun, M. R. :, Antrian, S., Menggunakan, J., Pi, R., & Rusdi, M. (2021). Rancang Bangun Sistem Antrian Printer Jarak Jauh Menggunakan Raspberry Pi 3 B.

- Jurnal Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.51510/trekritel.v2i1.412>
- Mandala, R. C., & Susanto, A. (2023). Pengembangan Sistem Inventaris Barang Berbasis QR Code pada Badan Kepegawaian Daerah Provinsi Bengkulu. *Jurnal Pustaka AI (Pusat Akses Kajian Teknologi Artificial Intelligence)*, 3(1), 47–51. <https://doi.org/10.55382/jurnalpustakaai.v3i1.561>
- Muthoharoroh, N. Z., & Marmoah, S. (2025). Studi Literatur: Analisis Model Borg And Gall dalam Pengembanagan dan Penelitian Pendidikan. *AT-TAKLIM: Jurnal Pendidikan Multidisiplin*, 2(12), 226–237. <https://journal.hasbaedukasi.co.id/index.php/at-taklim>
- Nizam, M. N., Haris Yuana, & Zunita Wulansari. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 767–772. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>
- Prasetyo, F., Putra, E., Riski, M., Yahya, M. S., & Ramadhan, M. H. (2023). Mengenal Teknologi Jaringan Nirkabel Terbaru Teknologi 5G. *Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi*, 5(2), 167–174. <https://doi.org/10.37034/jsisfotek.v5i1.233>
- Sibuea, S., Rahmaddoni, A., & Widodo, B. (2021). Perancangan Robot Pemadam Api Dengan Pengontrolan Gerak Metode Proportional Integral Derivate (PID) Menggunakan Sensor Sonar Berbasis Mikr. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Komputer*, 1(3), 1–14.
- Sudarmaji, S., & Irawan, D. (2023). Perancangan Prototype Robotik Mobil Pemilah Sampah Otomatis Dengan Penggunaan Bluetooth Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Mahasiswa Ilmu Komputer*, 4(1), 97–109. <https://doi.org/10.24127/ilmukomputer.v4i1.3532>
- Tjia, E., Jhon Very, & Hadi Syaputra. (2022). Jurnal Teknik dan Teknologi Tepat Guna. *Jurnal Teknik Dan Teknologi Tepat Guna*, 1(2)(1), 44.