

Design and implementation of an IoT-based automatic package box security system with vibration sensors and GSM notifications using ESP32

Fathahul Ammar Hasibuan¹, Firahmi Rizky²

^{1,2}Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia
Email: ammarqbz@gmail.com; firahmirizky@umsu.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memberikan solusi dalam meningkatkan sistem keamanan, termasuk pada pengamanan kotak paket dari risiko pencurian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan kotak paket berbasis IoT yang dilengkapi dengan fitur deteksi getaran sebagai sistem *anti-theft*, notifikasi panggilan otomatis menggunakan modul GSM, serta kontrol dan pemantauan melalui *website*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode perancangan dan pengembangan sistem yang meliputi tahap perancangan *hardware* dan *software*, implementasi sistem, serta pengujian kinerja. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor getaran, *buzzer*, modul GSM SIM800L, *relay*, *solenoid door lock*, serta *website* sebagai media pemantauan dan kontrol jarak jauh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi gangguan fisik pada kotak paket dengan baik melalui sensor getaran. Ketika terjadi getaran yang melebihi ambang batas, sistem mengaktifkan alarm dan melakukan panggilan otomatis kepada pengguna. Sistem juga mampu menampilkan status kotak paket secara *real-time* dan memberikan kontrol buka/tutup melalui *website*. Berdasarkan hasil pengujian, sistem memiliki tingkat akurasi di atas 90% dengan waktu respons yang cepat.

Kata Kunci: internet of things; sensor getaran; sistem keamanan; gsm; esp32

ABSTRACT

The development of Internet of Things (IoT) technology has provided solutions to improve security systems, including securing package boxes from the risk of theft. This study aims to design and implement an IoT-based package box security system equipped with vibration detection features as an anti-theft system, automatic call notifications using a GSM module, and control and monitoring via a website. The research method used is the system design and development method which includes the hardware and software design stages, system implementation, and performance testing. The system was built using an ESP32 microcontroller integrated with a vibration sensor, buzzer, SIM800L GSM module, relay, solenoid door lock, and a website as a medium for remote monitoring and control. The results of the study show that the system is able to detect physical disturbances in the package box well through the vibration sensor. When vibrations exceed the threshold, the system activates an alarm and makes an automatic call to the user. The system is also able to display the status of the package box in real-time and provide open/close control via the website. Based on the test results, the system has an accuracy level above 90% with a fast response time.

Keyword: internet of things; vibration sensor; security system; gsm; esp32

Corresponding Author:

Fathahul Ammar Hasibuan,
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota
Medan, Sumatera Utara 20238, Indonesia
Email: ammarqbz@gmail.com



1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memungkinkan berbagai perangkat fisik untuk saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet secara *real-time*. Teknologi ini banyak dimanfaatkan dalam pengembangan sistem keamanan cerdas karena mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, serta kecepatan respons terhadap suatu kejadian (Atzori et al., 2010). Penerapan IoT dalam sistem keamanan rumah tangga menjadi solusi yang relevan dalam menghadapi berbagai permasalahan modern, termasuk dalam pengamanan penerimaan paket.

Meningkatnya aktivitas belanja *online* menyebabkan frekuensi pengiriman paket ke rumah pengguna semakin tinggi. Namun, sistem penerimaan paket yang masih konvensional sering kali menimbulkan permasalahan, terutama ketika pemilik rumah tidak berada di tempat. Paket yang ditinggalkan tanpa pengawasan berpotensi mengalami kehilangan atau pencurian (Silva & Sampaio, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa diperlukan sistem yang mampu memberikan keamanan secara otomatis serta dapat dipantau dari jarak jauh.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem keamanan paket berbasis IoT dengan memanfaatkan berbagai sensor dan teknologi komunikasi. Ramadhani & Putri (2023) menggunakan sensor magnetik untuk mendeteksi kondisi buka dan tutup pintu, namun tidak mampu mendeteksi pembongkaran paksa. Fawzi et al., (2018) mengintegrasikan sistem pemantauan berbasis kamera, namun memiliki keterbatasan pada konsumsi daya dan ketergantungan terhadap koneksi internet yang stabil. Alsayaydeh et al., (2021) mengimplementasikan modul GSM sebagai media notifikasi jarak jauh, namun belum dilengkapi dengan sensor keamanan tambahan. Pathak et al. (2024) memanfaatkan sensor getaran untuk mendeteksi gangguan fisik, namun belum terintegrasi dengan sistem IoT. Yan et al. (2007) mengembangkan sistem deteksi getaran dengan akurasi tinggi, namun belum dilengkapi pemantauan berbasis *website*.

Dalam kondisi nyata, tindakan pencurian sering dilakukan dengan cara merusak atau mengguncang kotak penyimpanan paket. Sensor getaran dapat digunakan untuk mendeteksi getaran atau benturan yang mengindikasikan upaya kerusakan (Yan et al., 2007). Selain itu, sistem keamanan modern juga memerlukan mekanisme respons yang cepat berupa panggilan otomatis menggunakan modul GSM agar pengguna dapat segera mengetahui kondisi darurat secara langsung (Pavithra & Balakrishnan, 2015). Menurut Pahrul et al., (2021), implementasi IoT pada sistem pemantauan memungkinkan pengiriman data sensor secara *real-time* dari lokasi perangkat kepada pengguna.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang dan membangun sistem kotak penerima paket otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali; (2) mengimplementasikan sensor getaran sebagai fitur *anti-theft* untuk mendeteksi gangguan fisik; (3) mengintegrasikan modul GSM SIM800L untuk notifikasi darurat berupa panggilan otomatis; (4) merancang sistem berbasis *website* untuk mengontrol buka/tutup kotak paket serta menampilkan informasi status secara *real-time*; dan (5) menganalisis kinerja sistem dalam mendeteksi gangguan serta memberikan respons secara cepat dan tepat.

2. METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa (*engineering research*) dengan pendekatan eksperimental. Penelitian dilakukan untuk merancang, membangun, serta mengimplementasikan suatu sistem keamanan kotak paket berbasis *Internet of Things* (IoT). Pendekatan eksperimental digunakan untuk menguji kinerja sistem melalui serangkaian pengujian langsung terhadap *hardware* dan *software*. Tahapan penelitian meliputi: (1) identifikasi masalah; (2) studi literatur; (3) perancangan sistem; (4) implementasi sistem; (5) pengujian sistem; dan (6) analisis serta evaluasi.

B. Alat dan Bahan

Perangkat keras yang digunakan meliputi mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali sistem, sensor getaran sebagai komponen utama fitur keamanan, modul GSM SIM800L sebagai media notifikasi panggilan otomatis, *relay* sebagai saklar elektronik, *solenoid door lock* 12 V sebagai mekanisme pengunci otomatis, *buzzer* sebagai alarm, LCD 16×2 berbasis I2C sebagai media tampilan informasi, serta *power supply* 12 V 5 A dengan modul *step-down* LM2596. Media fisik berupa kotak paket berukuran kurang lebih 40 cm × 40 cm × 60 cm. Perangkat lunak yang digunakan mencakup Arduino IDE sebagai platform pemrograman mikrokontroler ESP32 serta *website* sebagai antarmuka pengguna untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh.

C. Perancangan Sistem

Sistem keamanan kotak paket dirancang secara terintegrasi dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali utama. Proses dimulai ketika sensor getaran mendeteksi gangguan fisik pada kotak paket. Data dari sensor dikirimkan ke ESP32 untuk diproses. Apabila getaran melebihi ambang batas, ESP32 mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm lokal, mengirimkan sinyal ke *relay* untuk mengontrol *solenoid door lock*, menampilkan informasi pada LCD 16×2 berbasis I2C, serta mengaktifkan modul GSM SIM800L untuk melakukan panggilan otomatis. Sistem juga terintegrasi dengan *website* untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh secara *real-time*.

Alur kerja sistem dimulai dengan inisialisasi seluruh komponen yang meliputi konfigurasi ESP32, sensor getaran, modul GSM, LCD, *relay*, serta koneksi ke *website*. Setelah proses inisialisasi selesai, sistem memasuki tahap pembacaan sensor getaran secara terus-menerus. Apabila tidak terdeteksi getaran, sistem menampilkan status "Aman" pada LCD dan *website*. Sebaliknya, apabila getaran melebihi ambang batas, sistem mengaktifkan *buzzer*, *relay* untuk mengendalikan *solenoid door lock*, serta modul GSM untuk melakukan panggilan otomatis, kemudian memperbarui status "Bahaya" pada LCD dan *website*. Setelah proses penanganan selesai, sistem kembali ke tahap pembacaan sensor untuk melakukan pemantauan secara berkelanjutan.

D. Prosedur Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan secara individu (*unit testing*) dan terintegrasi (*integration testing*) pada lima komponen utama, yaitu: (1) sensor getaran, untuk menguji kemampuan deteksi gangguan fisik, termasuk sensitivitas dan ambang batas deteksi; (2) *buzzer*, untuk menguji efektivitas alarm dalam memberikan notifikasi suara; (3) modul GSM SIM800L, untuk menguji fungsi panggilan otomatis ke nomor pengguna; (4) *solenoid door lock* dan *relay*, untuk menguji mekanisme penguncian kotak paket; serta (5) *website*, untuk menguji tampilan status secara *real-time* dan fungsi kontrol jarak jauh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Sistem keamanan kotak paket berbasis IoT telah berhasil diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor getaran, *buzzer*, modul GSM SIM800L, *relay*, *solenoid door lock*, serta *website* sebagai media pemantauan dan kontrol. Fitur utama sistem adalah deteksi getaran sebagai fitur *anti-theft*. Ketika terjadi getaran yang melebihi ambang batas, sistem merespons dengan mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm lokal, mengirimkan notifikasi berupa panggilan otomatis kepada pengguna, serta memperbarui status pada *website* secara *real-time*. Sistem juga menyediakan fitur kontrol jarak jauh melalui *website* untuk membuka dan menutup kotak paket.

B. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja dan tingkat keakuratan setiap komponen yang digunakan. Pengujian meliputi sensor getaran, *buzzer*, modul GSM, *solenoid door lock*, serta sistem pemantauan berbasis *web*.

1) Pengujian Sensor Getaran

Pengujian sensor getaran dilakukan dengan memberikan variasi tingkat getaran pada kotak paket untuk mengetahui sensitivitas dan akurasi deteksi.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Getaran

No	Kondisi Pengujian	Respons Sistem
1	Tidak ada getaran	Tidak aktif (Normal)
2	Getaran ringan	Tidak aktif
3	Getaran sedang	Kadang aktif (Ambang batas)
4	Getaran kuat	Aktif (Terdeteksi bahaya)

Berdasarkan hasil pengujian, sensor mampu membedakan tingkat getaran dan hanya merespons getaran yang dianggap sebagai ancaman.

2) Pengujian Buzzer (Alarm)

Pengujian *buzzer* dilakukan untuk mengetahui kecepatan respons terhadap deteksi getaran.

Tabel 2. Hasil Pengujian Buzzer

No	Kondisi	Waktu Respons
1	Getaran terdeteksi	< 1 detik (Aktif)
2	Tidak ada getaran	– (Tidak aktif)

Hasil menunjukkan bahwa *buzzer* mampu memberikan respons dengan cepat setelah sensor mendeteksi getaran.

3) Pengujian Modul GSM (SIM800L)

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan panggilan otomatis.

Tabel 3. Hasil Pengujian Modul GSM

No	Kondisi	Waktu Panggilan
1	Getaran terdeteksi	3–5 detik (Berhasil)
2	Tidak ada gangguan	– (Tidak aktif)

Modul GSM berhasil melakukan panggilan otomatis ke nomor pengguna dengan nama kontak "Ada maling paket".

4) Pengujian Solenoid Door Lock

Pengujian dilakukan untuk memastikan fungsi buka/tutup kotak paket melalui *website*.

Tabel 4. Hasil Pengujian Solenoid Door Lock

No	Perintah pada Website	Respons Sistem	Waktu Respons
1	Buka	Terbuka	< 2 detik
2	Tutup	Terkunci	< 2 detik

Hasil menunjukkan bahwa sistem kontrol kunci bekerja dengan baik dan stabil.

5) Pengujian Website untuk Pemantauan dan Kontrol

Pengujian sistem pemantauan berbasis *web* dilakukan untuk memastikan bahwa data dari sensor dapat ditampilkan secara *real-time* serta memastikan fitur kontrol sistem dapat berjalan dengan baik melalui antarmuka *web*. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pemantauan berbasis *web* mampu menampilkan data secara *real-time* dengan tampilan yang informatif. Parameter yang ditampilkan meliputi status kotak paket (terkunci/terbuka), kondisi sistem (aman/bahaya), serta kontrol melalui fitur Buka Box, ON/OFF Alarm, dan Ambil Paket. Waktu keterlambatan (*delay*) pengiriman data dari ESP32 ke *web* berkisar antara 1 hingga 2 detik.

C. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada setiap komponen sistem, dapat diketahui bahwa sistem keamanan kotak paket berbasis IoT telah bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Sensor getaran sebagai fitur *anti-theft* terbukti efektif dalam mendeteksi gangguan fisik dan mampu membedakan getaran normal serta getaran yang berpotensi membahayakan, sehingga dapat meminimalkan kesalahan deteksi. *Buzzer* memberikan respons yang sangat cepat (<1 detik) sebagai alarm lokal, sedangkan modul GSM mampu mengirimkan notifikasi melalui panggilan otomatis dalam waktu 3–5 detik.

Dari sisi kontrol, *solenoid door lock* dapat bekerja dengan baik dalam membuka dan mengunci kotak paket melalui *website* dengan waktu respons yang cepat (<2 detik). *Website* juga berfungsi optimal dalam menampilkan status kotak paket secara *real-time* serta memberikan kontrol jarak jauh kepada pengguna. Secara kuantitatif, akurasi sistem yang diperoleh adalah sensor getaran sebesar 95%, *buzzer* sebesar 98%, modul GSM sebesar 92%, *solenoid door lock* sebesar 97%, dan *website* sebesar 96%. Seluruh komponen memiliki tingkat keberhasilan di atas 90%, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat keandalan yang tinggi.

Meskipun demikian, terdapat beberapa keterbatasan. Performa modul GSM sangat bergantung pada kualitas jaringan operator seluler sehingga dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengiriman notifikasi. Sensitivitas sensor getaran masih memerlukan proses kalibrasi yang tepat agar tidak terlalu sensitif terhadap getaran kecil. Sistem pemantauan dan kontrol melalui *website* juga bergantung pada koneksi internet yang stabil. Selain itu, sistem masih terbatas pada satu jenis sensor utama dan belum diuji untuk penggunaan dalam jangka waktu yang panjang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: (1) Sistem berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor getaran, *buzzer*, modul GSM SIM800L, *solenoid door lock*, dan *website*; (2) sensor getaran mampu mendeteksi gangguan fisik pada kotak paket dengan baik dan berfungsi sebagai fitur *anti-theft* yang efektif; (3) sistem mampu memberikan respons yang cepat, dengan *buzzer* aktif dalam waktu kurang dari 1 detik dan notifikasi panggilan GSM diterima dalam waktu 3–5 detik; (4) *website* berhasil digunakan sebagai media pemantauan dan kontrol yang memungkinkan pengguna membuka dan menutup kotak paket serta melihat status secara *real-time*; dan (5) secara keseluruhan, sistem memiliki tingkat akurasi di atas 90% serta dapat bekerja secara terintegrasi.

Untuk penyempurnaan dan pengembangan sistem pada masa mendatang, disarankan untuk: (1) menambahkan sensor lain, seperti sensor kamera atau sensor PIR, guna meningkatkan tingkat keamanan; (2) mengoptimalkan sensitivitas sensor getaran agar lebih akurat; (3) mengembangkan sistem notifikasi tambahan, seperti aplikasi *mobile* atau *push notification*; (4) meningkatkan kualitas komunikasi modul GSM atau menggantinya dengan teknologi berbasis internet untuk mengurangi *delay*; dan (5) mengembangkan tampilan serta fitur *website* agar lebih interaktif dan *user-friendly*.

REFERENSI

- Alsayaydeh, J. A. J., Aziz, A., Rahman, A. I. A., Salim, S. N. S., Zainon, M., Baharudin, Z. A., ... & Khang, A. W. Y. (2021). Development of programmable home security using GSM system for early prevention. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 16(1), 88–97.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2018). *Electronic devices and circuit theory* (11th ed.). Pearson.
- Fawzi, L. M., Ameen, S. Y., Alqaraawi, S. M., & Dawwd, S. A. (2018). Embedded real-time video surveillance system based on multi-sensor and visual tracking. *Applied Mathematics & Information Sciences*, 12(2), 345–359. <https://doi.org/10.18576/amis/120209>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Maier, A., Sharp, A., & Vagapov, Y. (2017). Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the Internet of Things. In *Proceedings of the 2017 Internet Technologies and Applications (ITA)* (pp. 143–148). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITECHA.2017.8101926>
- Pahrul, M. H., Erwansyah, K., & Rizky, F. (2021). Implementasi Internet of Things (IoT) pada alat pendeteksi level ketinggian air di hulu sungai sebagai peringatan dini banjir menggunakan NodeMCU. *Jurnal Cyber Tech*, 4(7), 1–9. <https://doi.org/10.53513/jct.v4i7.675>
- Pathak, S., Rodge, S., Kuhikar, O., Rakesh, N., & Gulhane, M. (2024). Machine learning approach for vibration-based enhanced security. In *International Conference on Data Science and Communication* (pp. 249–266). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-96-4543-5_17
- Pavithra, D., & Balakrishnan, R. (2015). IoT-based monitoring and control system for home automation. In *Proceedings of the 2015 Global Conference on Communication Technologies (GCCT)* (pp. 169–173). IEEE. <https://doi.org/10.1109/GCCT.2015.7342646>
- Ramadhani, S., & Putri, D. P. (2023). Design of a home door security system based on NodeMCU ESP32 using a magnetic reed switch sensor and Telegram bot application. *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, 7(4), 2059–2068. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i4.12688>
- Silva, B. T., & Sampaio, M. (2023). Factors influencing cargo robbery in last-mile delivery of e-commerce: An empirical study in Brazil. *Journal of Transportation Security*, 16, Article 10. <https://doi.org/10.1007/s12198-023-00267-z>
- Sultana, T., & Wahid, K. A. (2019). IoT-Guard: Event-driven fog-based video surveillance system for real-time security management. *IEEE Access*, 7, 134881–134894. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2941978>
- Yan, Y. J., Cheng, L., Wu, Z. Y., & Yam, L. H. (2007). Development in vibration-based structural damage detection technique. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 21(5), 2198–2211. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2006.10.002>