

Aplikasi Frekuensi FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) Untuk Deteksi Keberadaan Manusia Sebagai Home Security System

Oleh:

Yuswono Hariswanda,

Dosen Pembimbing

Shazana Dhiya Ayuni

Progam Studi

Teknik Elektro

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Juni, 2025



Pendahuluan

Keamanan rumah merupakan kebutuhan penting bagi masyarakat. Sistem keamanan konvensional seperti CCTV dan sensor PIR memiliki keterbatasan, terutama dalam kondisi gelap atau terhalang. Teknologi radar FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) menjadi solusi karena mampu mendeteksi objek tanpa tergantung cahaya dan mampu mendeteksi di balik penghalang.

Pendahuluan

Penelitian ini menggunakan **sensor HLK-LD2450** berbasis radar 24 GHz yang terintegrasi dengan **mikrokontroler ESP32**, buzzer sebagai alarm lokal, dan **Telegram Bot** untuk notifikasi jarak jauh. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi keberadaan manusia secara akurat, cepat, dan stabil, guna meningkatkan keamanan ruma

Pertanyaan Penelitian (Rumusan Masalah)

- Bagaimana mengintegrasikan teknologi radar FMCW dengan sensor HLK- LD2450 untuk meningkatkan akurasi dan efektivitas deteksi gerakan dalam sistem keamanan rumah ?
- Apakah teknologi FMCW dapat diimplementasikan secara efisien dari segi biaya, daya, dan kompatibilitas dengan sistem keamanan rumah yang ada?
- Apa saja tantangan teknis dalam implementasi frekuensi FMCW untuk mendeteksi keberadaan manusia di lingkungan rumah dengan kondisi yang beragam ?

Metode

Penelitian RnD (**Research and Development**) adalah proses sistematis yang dilakukan untuk menciptakan, mengembangkan, dan menyempurnakan produk, teknologi, atau layanan melalui kegiatan penelitian (research) dan pengembangan (development). Tujuan penelitian RnD adalah untuk membuat aplikasi frekuensi fmcw untuk deteksi keberadaan manusia sebagai homesecurity sistem adalah mengukur amplitudo sinyal yang dipantulkan dari target manusia untuk memperkirakan jarak dan ukuran target, pergeseran doppler sinyal yang dipantulkan dari target manusia untuk memperkirakan kecepatan target dan pola interferensi dimungkinkan untuk menggunakan data yang dikirim dan disimpan. mengidentifikasi dan melacak target manusia.

Metode

ALAT DAN BAHAN

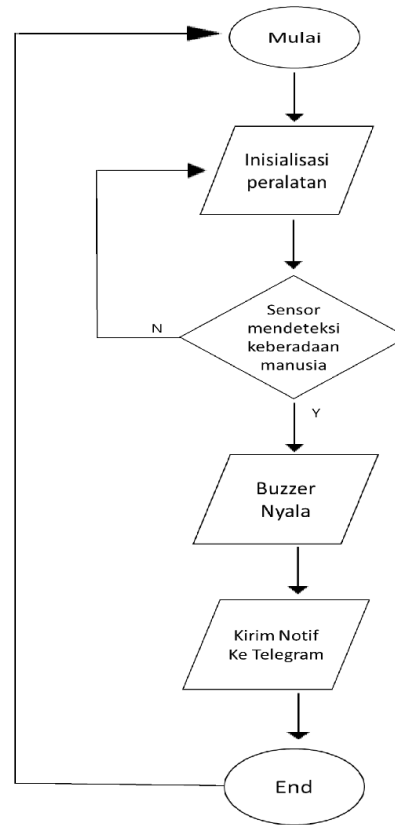
Alat Perangkat Lunak :

- Laptop
- Software Arduino IDE
- Handphone
- Software Telegram

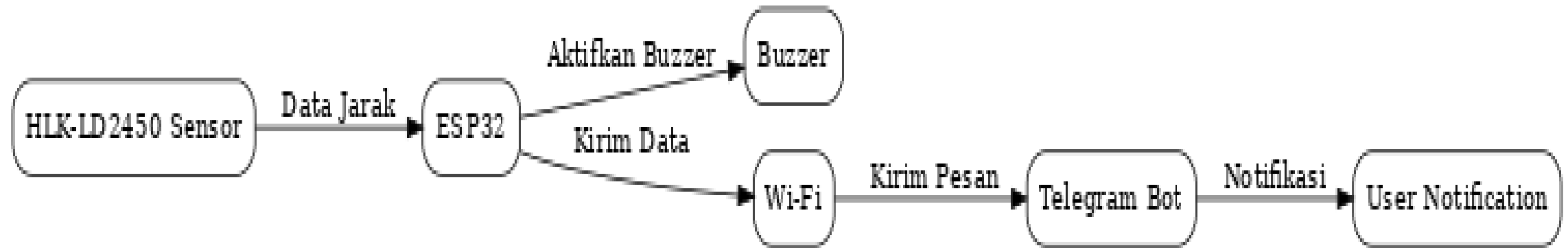
Alat :

- ESP 32 Pin 38
- Sensor HLK-LD2450
- Buzzer Piezoelectric

Flowchart



Blok Diagram



Blok Diagram

1. **Sensor HLK-LD2450**

Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi keberadaan manusia dengan membaca data jarak objek di sekitarnya secara real-time.

2. **ESP32 (Mikrokontroler)**

Data jarak yang diperoleh dari sensor HLK-LD2450 dikirim ke ESP32. Mikrokontroler ini berperan sebagai pusat pengendali sistem yang memproses data yang diterima dan menentukan respon yang harus diberikan.

3. **Aktifkan Buzzer**

Jika ESP32 mendeteksi keberadaan manusia berdasarkan data sensor, maka sistem secara otomatis akan **mengaktifkan buzzer** sebagai peringatan atau alarm lokal.

4. **Kirim Data ke Wi-Fi**

Selain memberikan peringatan lokal, ESP32 juga mengirimkan data melalui koneksi Wi-Fi untuk menghubungkan sistem ke internet.

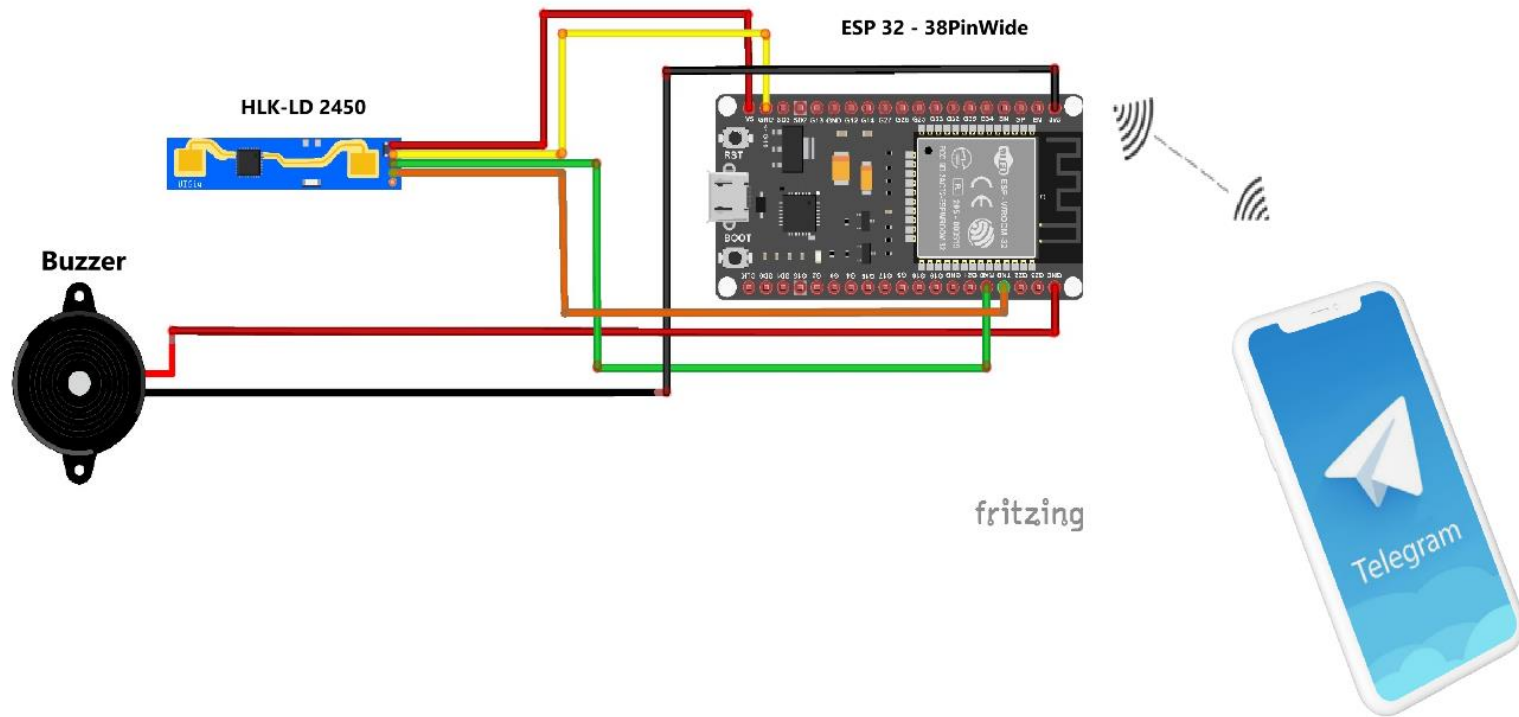
5. **Telegram Bot**

Data yang dikirim oleh ESP32 diteruskan dalam bentuk pesan melalui **Telegram Bot** yang telah dikonfigurasi sebelumnya.

6. **User Notification**

Pengguna akan menerima **notifikasi secara langsung melalui aplikasi Telegram** di perangkat mereka (HP/laptop), sehingga dapat segera mengetahui adanya aktivitas mencurigakan di rumah.

Perancangan Sistem



Perancangan Sistem

1. Sensor HLK-LD2450

Merupakan sensor radar **24 GHz** berbasis **FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave)**.

Terdapat tiga koneksi penting:

VCC (merah) → disambungkan ke pin **5V ESP32**

GND (hitam) → ke **GND ESP32**

TX dan RX (kuning & hijau) → disambungkan ke pin serial **RX & TX ESP32**

Sensor ini mendeteksi keberadaan dan gerakan manusia, lalu mengirimkan data ke ESP32.

2. Mikrokontroler ESP32

Bertugas mengolah data dari sensor.

Jika terdeteksi gerakan, ESP32:

Mengaktifkan **buzzer**

Mengirimkan **notifikasi ke Telegram Bot** melalui koneksi WiFi internal

Perancangan Sistem

3. Buzzer

Terhubung ke pin output ESP32.

Akan berbunyi sebagai **alarm lokal** saat gerakan manusia terdeteksi.

4. Telegram Bot

Digunakan sebagai **notifikasi jarak jauh**.

ESP32 mengirim pesan melalui API Telegram menggunakan jaringan WiFi.

Notifikasi muncul di smartphone pengguna sebagai sistem peringatan.

Hasil



Gambar 1. Monitoring deteksi objek manusia



Gambar 2. Monitoring deteksi manusia dari Notifikasi Telegram

Pembahasan

Bahasa Indonesia: AA FF 03 00 0E 03 B1 86 10 00 40 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 55 CC

Gambar 1. Protokol Komunikasi Sensor HLK-LD2450

Byte (Hex)	Penjelasan
AA FF	Header – awal frame
03 00	Jumlah titik atau objek yang terdeteksi (di sini: 3 titik = 1 orang)
0E 03	X koordinat objek pertama (little endian → <code>0x030E</code> = 782) cm
B1 86	Y koordinat objek pertama (→ <code>0x86B1</code> = -31.503, bisa signed integer)
10 00	Z koordinat objek pertama (→ <code>0x0010</code> = 16) cm

40 01	ID objek / Tracking ID
00 00 ...	Data kosong (objek ke-2 dan ke-3 tidak terdeteksi / dummy)
55 CC	Tail – penutup frame

Pembahasan

```
// HLK-LD2450 command frames
const uint8_t ENABLE_CONFIG[] = {0xFD, 0xFC, 0xFB, 0xFA, 0x04, 0x00, 0xFF, 0x00, 0x01, 0x00, 0x04, 0x03, 0x02, 0x01};
const uint8_t DISABLE_CONFIG[] = {0xFD, 0xFC, 0xFB, 0xFA, 0x02, 0x00, 0xFE, 0x00, 0x04, 0x03, 0x02, 0x01};
```

Gambar 1. Config program sensor HLK-LD2450

Elemen	Arti
0xFD 0xFC 0xFB 0xFA	Start frame (Header) untuk semua command sensor HLK-LD2450.
0x04 atau 0x02	Panjang data berikutnya.
0xFF atau 0xFE	Kode perintah (ENABLE atau DISABLE konfigurasi).
Byte setelahnya	Isi data perintah.
0x04 0x03 0x02 0x01	Biasanya bagian dari checksum atau pola pengenalan akhir.

Gambar 2. Penjelasan gambar 1

Temuan Penting Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh temuan penting bahwa penerapan teknologi radar Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) yang dikombinasikan dengan sensor HLK-LD2450 mampu meningkatkan akurasi deteksi keberadaan manusia dalam sistem keamanan rumah. Sensor HLK-LD2450 yang bekerja pada frekuensi 24 GHz terbukti efektif mendeteksi pergerakan manusia dalam jangkauan hingga 6 meter dengan sudut deteksi $\pm 60^\circ$, serta mampu memberikan data posisi dan kecepatan objek secara real-time. Keunggulan lain dari sistem ini adalah kemampuannya untuk tetap bekerja optimal meskipun dalam kondisi minim cahaya atau tertutup rintangan, berbeda dengan sensor PIR atau ultrasonik yang memiliki keterbatasan dalam kondisi lingkungan tertentu. Sistem ini juga berhasil diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 dan Telegram bot untuk memberikan notifikasi langsung kepada pengguna, baik secara lokal melalui buzzer maupun jarak jauh via internet. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi radar FMCW dan sensor HLK-LD2450 sangat potensial sebagai solusi sistem keamanan rumah yang lebih cerdas, efisien, dan responsif terhadap kondisi nyata di lapangan.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat signifikan dalam pengembangan sistem keamanan rumah yang lebih andal dan responsif melalui penerapan teknologi radar FMCW dan sensor HLK-LD2450. Dengan kemampuan mendeteksi gerakan manusia secara akurat bahkan dalam kondisi minim cahaya atau tertutup objek, sistem ini dapat menjadi solusi alternatif yang lebih efektif dibandingkan sensor konvensional seperti PIR atau ultrasonik. Selain itu, integrasi dengan mikrokontroler ESP32 dan notifikasi real-time melalui aplikasi Telegram memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memantau kondisi rumah dari jarak jauh. Secara umum, penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat dalam menciptakan lingkungan hunian yang lebih aman, serta memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi Internet of Things (IoT) di bidang keamanan.

Referensi

- [1] S. Supiyandi, C. Rizal, M. Iqbal, M. N. H. Siregar, and M. Eka, "Smart Home Berbasis Internet of Things (IoT) Dalam Mengendalikan dan Monitoring Keamanan Rumah," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 4, no. 4, pp. 1302–1307, Jul. 2023, doi: 10.47065/josh.v4i4.3822.
- [2] "Radar - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas." Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Radar>
- [3] S. D. Ayuni, S. Syahririni, and J. Jamaaluddin, "Lapindo Embankment Security Monitoring System Based on IoT," *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 6, no. 1, pp. 40–48, Sep. 2021, doi: 10.21831/elinvo.v6i1.40429.
- [4] Y. P. Haniah, "PENGENALAN TEKNOLOGI RADAR UNTUK PEMETAAN SPASIAL DI KAWASAN TROPIS," 2021.
- [5] G. Amania, E. Ali, and A. A. Pramudita, "PERANCANGAN SISTEM RADAR FMCW MENGGUNAKAN SDR UNTUK MENDETEKSI GETARAN DESIGN OF FMCW RADAR SYSTEM USING SDR TO DETECT VIBRATION," 2020.
- [6] A. E. Prasetiadi, "Teknologi Radar Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW): Prinsip Kerja dan Simulasi," 2020.
- [7] P. Kurniasari *et al.*, "Kinerja Pengolahan Sinyal Gerakan Tanda Isyarat Melalui Compressive Sampling Untuk Teknologi Radar Doppler dengan Long Range," 2023.
- [8] L. Cao, S. Liang, Z. Zhao, D. Wang, C. Fu, and K. Du, "Human Activity Recognition Method Based on FMCW Radar Sensor with Multi-Domain Feature Attention Fusion Network," *Sensors*, vol. 23, no. 11, Jun. 2023, doi: 10.3390/s23115100.

Referensi

- [9] “HLK-LD2450 Motion target detection and tracking module Instruction manual HLK-LD2450 Shenzhen Hi-Link Electronic Co.,Ltd,” 2023.
- [10] Z. Wei, F. Zhang, S. Chang, Y. Liu, H. Wu, and Z. Feng, “MmWave Radar and Vision Fusion for Object Detection in Autonomous Driving: A Review,” Apr. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/s22072542.
- [11] R. Toyib, I. Bustami, D. Abdullah, T. Informatika, F. Teknik, and U. Muhammadiyah Bengkulu, “PENGUNAAN SENSOR PASSIVE INFRARED RECEIVER (PIR) UNTUK MENDETEKSI GERAK BERBASIS SHORT MESSAGE SERVICE GATEWAY,” 2022. [Online]. Available: www.ejournal.unib.ac.id/index.php/pseudocode
- [12] T. N. Arifin, G. Febriyani Pratiwi, and A. Janrafsasih, “SENSOR ULTRASONIK SEBAGAI SENSOR JARAK”, [Online]. Available: <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnaltera/>
- [13] E. A. Yulanda, “Penghitung Jumlah dan Jarak Tempuh Langkah Kaki Menggunakan Sensor HC-SR04, Modul MPU GY-80 dan Arduino Uno,” *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, vol. 6, no. 1, p. 92, Jun. 2023, doi: 10.32493/epic.v6i1.30767.
- [14] Y. T. Win, N. Afzulpurkar, and C. Punyasai, “Shape detection of object behind thin medium using ultrasonic sensors,” *Int J Adv Robot Syst*, vol. 15, no. 2, Mar. 2018, doi: 10.1177/1729881418764638.
- [15] M. N. Osman, M. H. F. Ismail, K. A. Sedek, N. A. Othman, and M. Maghribi, “Low-Cost Home Security Notification System Using IoT and Telegram Bot: A Design and Implementation,” *Journal of Computing Research and Innovation*, vol. 7, no. 2, pp. 327–337, Sep. 2022, doi: 10.24191/jcrinn.v7i2.325.
- [16] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, “MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB,” 2022.

