

Diterima : 5 Maret 2024

Direvisi : 16 April 2024

Online : 16 April 2024

Edisi : 28 Juni 2024

## Pembuatan Alat Deteksi Peralatan Berharga pada Rental Studio Musik menggunakan Sensor HMC5883L dengan Magnet Neodymium Sebagai Tag

Choirul Umam\*, Imam Arif Rahardjo, Nur Hanifah Yuninda

*Universitas Negeri Jakarta, Jl.R.Mangun Muka, No.11, Rawamangun, East Jakarta 13220, Indonesia*

\*Email: [choirulumam55711@gmail.com](mailto:choirulumam55711@gmail.com)

### Abstrak

Rental studio musik menghadapi tantangan serius dalam melindungi peralatan berharga mereka dari tindakan pencurian, dengan data BPS mencatat 1.140 kasus pencurian selama periode 2019-2021. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem keamanan inovatif menggunakan sensor magnetometer HMC5883L dan magnet neodymium sebagai tag untuk mendeteksi dan mencegah pencurian peralatan studio musik. Metodologi penelitian menggunakan pendekatan rekayasa teknik dengan implementasi sistem yang terdiri dari enam sensor HMC5883L, sensor ultrasonik HC-SR04, multiplexer I2C TCA9548A, dan sistem notifikasi berbasis Telegram. Pengujian dilakukan di Pandawa Music Studio & Café dengan serangkaian evaluasi meliputi kalibrasi sensor, pengujian berbagai grade magnet neodymium (N42-N54), dan validasi sistem secara keseluruhan. Hasil penelitian menunjukkan sensor HMC5883L memiliki perbedaan pembacaan rata-rata 9,16% dibandingkan alat ukur standar, dengan magnet neodymium N54 memberikan performa optimal hingga jarak 30 cm. Sistem berhasil mendeteksi peralatan studio dengan tingkat keberhasilan 100%, tanpa false positive, dan rata-rata delay notifikasi Telegram 2,4 detik. Dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan efektif dalam mendeteksi dan mencegah pencurian peralatan studio musik, dengan saran pengembangan meliputi integrasi dengan platform IoT tambahan, penambahan modul kamera, dan penggunaan sensor magnetometer dengan sensitivitas lebih tinggi.

**Kata-kunci:** internet of things, magnet neodymium, sensor HMC5883L

### Abstract

*Music studio rentals face serious challenges in protecting their valuable equipment from theft, with BPS data recording 1,140 theft cases during the 2019-2021 period. This research aims to develop an innovative security system using HMC5883L magnetometer sensors and neodymium magnets as tags to detect and prevent music studio equipment theft. The research methodology employs a technical engineering approach with system implementation consisting of six HMC5883L sensors, HC-SR04 ultrasonic sensor, I2C TCA9548A multiplexer, and Telegram-based notification system.*

*Testing was conducted at Pandawa Music Studio & Café with a series of evaluations including sensor calibration, testing of various neodymium magnet grades (N42-N54), and overall system validation. Research results show that the HMC5883L sensor has an average reading difference of 9.16% compared to standard measuring instruments, with N54 neodymium magnets providing optimal performance up to 30 cm distance. The system successfully detected studio equipment with a 100% success rate, no false positives, and an average Telegram notification delay of 2.4 seconds. It can be concluded that the developed system is effective in detecting and preventing music studio equipment theft, with development suggestions including integration with additional IoT platforms, addition of camera modules, and use of magnetometer sensors with higher sensitivity.*

**Keywords:** *internet of things, HMC5883L sensors, neodymium magnet*

## **Pendahuluan**

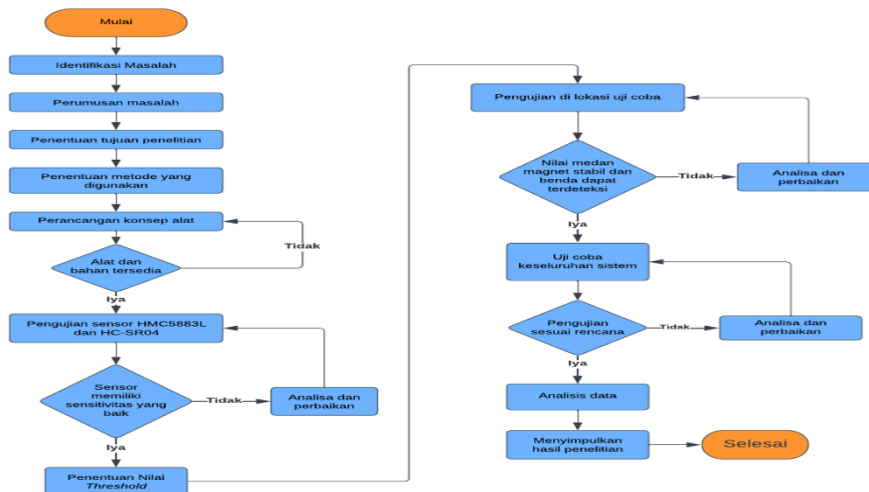
Perkembangan teknologi keamanan pada sektor industri kreatif, khususnya rental studio musik, masih menghadapi berbagai tantangan yang signifikan dalam upaya melindungi aset berharga mereka (Li et al., 2024). Fenomena pencurian peralatan musik dan audio yang berukuran kecil namun bernilai ekonomi tinggi telah menjadi permasalahan serius yang membutuhkan solusi inovatif (Montanaro et al., 2024). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, tercatat sebanyak 1.140 kasus pencurian yang terjadi di studio musik selama periode 2019-2021, dengan kemungkinan angka sebenarnya yang lebih tinggi mengingat tidak semua kasus dilaporkan kepada pihak berwajib. Hal ini mengindikasikan adanya kebutuhan mendesak akan sistem keamanan yang lebih efektif dan adaptif (Villegas-Ch et al., 2024). Rental studio musik, sebagai bagian integral dari industri kreatif, memiliki karakteristik unik dalam hal pengelolaan aset (Case, 2022). Peralatan seperti mikrofon, efek gitar listrik, soundcard, dan berbagai perangkat audio lainnya merupakan investasi yang substantial namun rentan terhadap tindak pencurian karena dimensinya yang relatif kecil (Wang et al., 2023). Kondisi ini diperparah dengan keterbatasan sistem keamanan konvensional yang masih umum digunakan di berbagai studio musik. Penggunaan kunci mekanis dan pengawasan manual, bahkan dengan bantuan CCTV, terbukti belum mampu memberikan perlindungan yang optimal, terutama dalam hal pencegahan dan deteksi dini tindak pencurian secara real-time. Sistem Electronic Article Surveillance (EAS) yang telah teruji efektivitasnya di sektor retail modern seperti mall dan toko-toko besar menghadapi kendala signifikan ketika diterapkan dalam konteks studio musik (Ansari & Singh, 2021). Faktor utama yang menjadi pertimbangan adalah biaya implementasi yang relatif tinggi serta dimensi tag deteksi yang cukup besar, yang membuatnya mudah diidentifikasi oleh pelaku potensial. Hal ini mendorong kebutuhan akan solusi alternatif yang lebih cost-effective dan diskret, namun tetap mampu memberikan tingkat keamanan yang memadai.

Dalam upaya mengatasi problematika tersebut, pemanfaatan teknologi magnetometer berbasis sensor HMC5883L yang diintegrasikan dengan magnet neodymium sebagai tag penanda menawarkan prospek yang menjanjikan. Magnet neodymium, yang dikenal dengan karakteristik kekuatan magnetik yang superior meskipun dalam dimensi yang minimal, memungkinkan implementasi sistem penandaan yang tidak mengganggu fungsionalitas maupun estetika peralatan studio (Wang et al., 2024). Kelebihan ini menjadi nilai tambah yang signifikan mengingat pentingnya menjaga kenyamanan pengguna studio tanpa mengorbankan aspek keamanan (Choi et al., 2024). Sensor HMC5883L yang ditempatkan pada titik-titik strategis, terutama di area pintu masuk dan keluar studio, berfungsi sebagai sistem deteksi yang mengukur perubahan medan magnet secara kontinyu. Prinsip kerja sistem ini mengandalkan kemampuan sensor untuk mendeteksi anomali medan magnet yang terjadi ketika peralatan bertag magnet melewati area pengawasan. Sensitivitas sensor yang dapat diatur untuk mendeteksi perubahan medan magnet lebih dari 1  $\mu$ T memungkinkan sistem untuk membedakan antara peralatan studio yang dilengkapi tag dengan barang-barang pribadi pengunjung yang mungkin memiliki komponen magnetik. Integrasi sistem dengan teknologi komunikasi modern melalui platform Telegram memungkinkan notifikasi real-time kepada pengelola studio ketika terdeteksi upaya pembawaan peralatan tanpa otorisasi. Kombinasi antara alarm fisik dan notifikasi digital ini menciptakan lapisan keamanan ganda yang meningkatkan efektivitas sistem dalam mencegah dan mendeteksi tindak

pencurian (Zulfiqar & Younis, 2024). Pendekatan ini menjawab kebutuhan akan sistem keamanan yang responsif dan dapat diandalkan.

Penggunaan magnet neodymium dengan grade N42 hingga N54 sebagai komponen tag memberikan fleksibilitas dalam implementasi sistem sesuai dengan karakteristik dan nilai ekonomi peralatan yang dilindungi. Variasi grade magnet ini memungkinkan optimalisasi antara kekuatan deteksi dan diskretitas penempatan tag. Fokus implementasi pada peralatan bernilai tinggi seperti mikrofon, efek gitar listrik, soundcard, dan pedal piano mencerminkan pendekatan strategis dalam melindungi aset yang paling berisiko menjadi target pencurian. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mengembangkan solusi teknis, tetapi juga membuka peluang bagi evolusi sistem keamanan di industri kreatif secara lebih luas. Potensi adaptasi teknologi ini untuk berbagai konteks dan kebutuhan spesifik lainnya menunjukkan nilai strategisnya dalam pengembangan sistem keamanan yang lebih komprehensif. Implementasi sistem deteksi berbasis magnetometer ini diharapkan dapat menjadi katalis bagi inovasi keamanan yang lebih lanjut di sektor industri kreatif. Signifikansi penelitian ini terletak pada kontribusinya dalam mengembangkan solusi keamanan yang lebih terjangkau, efektif, dan adaptif untuk rental studio musik. Pendekatan yang digunakan mempertimbangkan berbagai aspek praktis seperti biaya implementasi, kemudahan penggunaan, dan efektivitas deteksi, sambil tetap memperhatikan kenyamanan pengguna studio. Hal ini mencerminkan pemahaman mendalam terhadap kebutuhan spesifik industri kreatif dalam konteks keamanan aset. Melalui implementasi sistem ini, diharapkan dapat terjadi peningkatan signifikan dalam perlindungan aset berharga di rental studio musik. Lebih jauh lagi, penelitian ini membuka jalan bagi pengembangan sistem keamanan yang lebih sophisticated dengan memanfaatkan teknologi yang ada secara kreatif dan efisien. Kontribusi penelitian ini tidak hanya terbatas pada aspek teknis, tetapi juga mencakup dimensi praktis dan ekonomis yang penting bagi keberlanjutan industri kreatif.

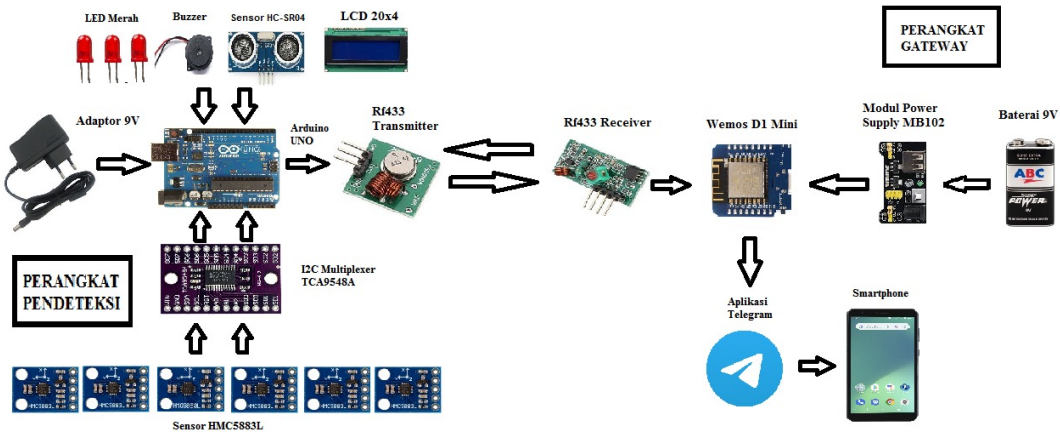
## Metode



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

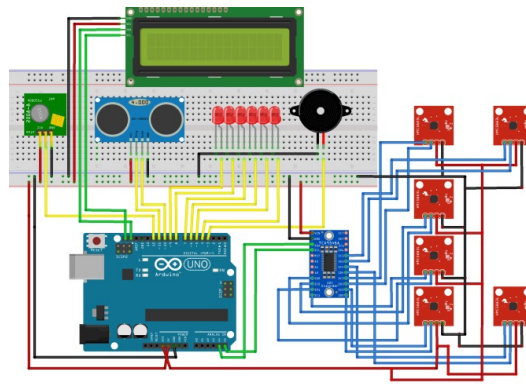
Metodologi penelitian menggunakan pendekatan rekayasa teknik yang mencakup perancangan, pembuatan alat, pengujian, pengumpulan data, dan analisis data untuk mengembangkan sistem pendeteksi pencurian berbasis sensor magnetometer dan ultrasonik. Sistem yang dikembangkan terdiri dari dua perangkat utama: perangkat pendeteksi dan perangkat gateway. Perangkat pendeteksi mengintegrasikan beberapa komponen kunci, termasuk Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama, enam unit sensor magnetometer HMC5883L untuk mendeteksi anomali medan magnet, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi keberadaan objek, dan modul komunikasi RF433 untuk transmisi data (Metodelogi Penelitian, 3.2). Penggunaan multiplexer I2C TCA9548A memungkinkan pengoperasian multiple sensor HMC5883L secara simultan, mengatasi keterbatasan alamat I2C yang

identik pada sensor-sensor tersebut. Arsitektur sistem dirancang dengan mempertimbangkan aspek efisiensi dan reliabilitas. Perangkat gateway yang terdiri dari Wemos D1 Mini dan modul receiver RF433 berperan sebagai jembatan komunikasi antara sistem pendeteksi dengan aplikasi Telegram untuk notifikasi real-time. Sistem catu daya menggunakan adaptor 9V 1A untuk perangkat pendeteksi dan baterai 9V untuk perangkat gateway, menjamin kontinuitas operasional sistem.



**Gambar 2.** Blok diagram sistem pendeteksi pencurian studio musik

Implementasi fisik sistem mengadopsi desain modular dengan penempatan strategis komponen-komponen sensing. Tiang pendeteksi setinggi 100 cm ditempatkan dengan jarak 60 cm antar tiang, dengan sensor HMC5883L terdistribusi pada interval 30 cm. Konfigurasi ini memastikan cakupan deteksi yang optimal untuk berbagai ukuran objek target (Metodelogi Penelitian, 3.5.4). Protokol pengujian sistem mencakup beberapa aspek kritis. Evaluasi akurasi sensor HMC5883L dilakukan melalui perbandingan dengan Tenmars Triaxial Magnetic Field Meter TM-192D sebagai referensi. Pengujian sensor HC-SR04 meliputi verifikasi akurasi pengukuran jarak dalam rentang 10-100 cm. Karakterisasi respon sistem terhadap magnet neodmium berbagai grade (N42-N54) dilakukan pada jarak 10-50 cm untuk mengoptimalkan parameter deteksi (Metodelogi Penelitian, 3.7.1-3.7.3). Validasi sistem di lingkungan operasional melibatkan pengukuran baseline medan magnet dalam kondisi studio kosong dan beroperasi, dengan interval pengambilan data 30 menit selama 3 jam. Pengujian deteksi objek mencakup verifikasi terhadap peralatan studio yang telah ditandai dengan magnet neodmium dan berbagai objek umum yang dibawa pengunjung, menghasilkan data komprehensif tentang selektivitas sistem (Metodelogi Penelitian, 3.7.4-3.7.5). Integrasi dengan aplikasi Telegram diuji melalui serangkaian 10 skenario deteksi, dengan fokus pada reliabilitas pengiriman notifikasi dan latency sistem. Evaluasi performa keseluruhan sistem menganalisis kemampuan diskriminasi objek, respons indikator (LED dan buzzer), serta efektivitas notifikasi Telegram (Metodelogi Penelitian, 3.7.6-3.7.7). Parameter keberhasilan sistem mencakup empat aspek utama: akurasi deteksi medan magnet oleh sensor HMC5883L, reliabilitas deteksi objek oleh sensor HC-SR04, persentase keberhasilan deteksi pencurian, dan efektivitas sistem notifikasi Telegram. Metodologi yang dikembangkan memungkinkan evaluasi komprehensif terhadap seluruh aspek fungsional sistem, dari tingkat komponen hingga integrasi sistem secara keseluruhan.



**Gambar 2.** Ilustrasi penempatan sensor pada sistem pendeteksi

**Tabel 1.** Kisi- kisi Instrumen Pengujian Keseluruhan Sistem

Percobaan Ke-	Nama Benda	Status Deteksi	Kondisi LED & Buzzer		Respon Aplikasi Telegram	
			LED	Buzzer	Notifikasi	Delay
1	Tanpa benda					
2	Microphone					
3	Efek gitar listrik					
4	Adaptor efek gitar					
6	Soundcard					
7	Pedal piano					
8	Handphone					
9	Laptop					
10	Jam tangan					
11	Charger Laptop atau Handphone					
12	Ikat pinggang					
13	Earphone					
14	Kunci motor/mobil					
Persentase deteksi dari benda milik studio						
Persentase deteksi dari benda uji coba lain						
Rata-rata delay aplikasi Telegram						

Metodologi yang diimplementasikan memungkinkan pengembangan dan validasi sistem pendeteksi pencurian yang komprehensif, dengan mempertimbangkan aspek teknis maupun praktis dalam konteks operasional studio musik. Pendekatan sistematis dalam pengujian dan evaluasi menjamin reliabilitas dan efektivitas sistem dalam mendeteksi dan mencegah pencurian peralatan studio.

## Hasil dan Pembahasan



**Gambar 3.** Alat Pendeteksi Benda Berharga

Penelitian ini menghasilkan sebuah alat deteksi peralatan berharga untuk rental studio musik yang menggunakan sensor HMC5883L dengan magnet neodmium sebagai tag penanda. Alat ini dirancang untuk mendeteksi dan mencegah tindakan pencurian peralatan studio musik dengan memanfaatkan prinsip deteksi medan magnet. Sistem deteksi terdiri dari beberapa komponen utama yaitu sensor magnetometer HMC5883L sebagai pendeteksi medan magnet, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi jarak, magnet neodmium sebagai tag penanda, serta sistem notifikasi berbasis Telegram untuk memberikan peringatan real-time kepada pemilik studio.

### Pengambilan Data

#### *Perbandingan Sensitivitas Sensor HMC5883L*

Pengujian awal dilakukan dengan membandingkan sensitivitas enam buah sensor HMC5883L dengan alat ukur standar Tenmars Triaxial Magnetic Field Meter TM-192D. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HMC5883L memiliki rata-rata perbedaan pembacaan sebesar 9,16% dibandingkan dengan alat ukur standar, dengan rincian sebagai berikut:

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Sensitivitas Sensor HMC5883L

Kode Sensor	Nilai Rata-Rata Medan Magnet selama 1 Menit		Persentase Perbedaan
	Sensor (uT)	Magnetic Field Meter	
Sensor A	0.19 uT	0.21 uT	5.26 %
Sensor B	0.20 uT	0.22 uT	11.1 %
Sensor C	0.21 uT	0.24 uT	4.76 %
Sensor D	0.20 uT	0.23 uT	13 %
Sensor E	0.21 uT	0.23 uT	8.52 %

Sensor F	0.17 $\mu$ T	0.20 $\mu$ T	12.35 %
<b>Rata-rata perbedaan</b>			9,16%

#### *Pengujian Jarak Baca Sensor HC-SR04*

Sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan performa optimal hingga jarak 70 cm dengan persentase perbedaan 13,2% dibandingkan jarak aktual. Pada jarak lebih dari 70 cm, tingkat akurasi pembacaan menurun signifikan, mencapai perbedaan hingga 20,5% pada jarak 80 cm.

**Tabel 3.** Pengujian Sensor Ultrasonik HC-Sr04

Percobaan Ke-	Jarak Asli	Jarak yang dibaca oleh HC-SR04	Persentase Perbedaan
1	10 cm	10 cm	0%
2	20 cm	20 cm	0%
3	30 cm	30 cm	0%
4	40 cm	38,6 cm	3,50%
5	50 cm	45,6 cm	8,80%
6	60 cm	53 cm	11,70%
7	70 cm	60,8 cm	13,20%
8	80 cm	63,6 cm	20,50%

#### *Pengujian Medan Magnet di Lokasi*

Pengujian dilakukan di Pandawa Music Studio & Café dengan pengambilan data setiap 30 menit selama 3 jam. Hasil menunjukkan nilai rata-rata medan magnet tertinggi sebesar 0,20  $\mu$ T dengan fluktuasi maksimal 0,05  $\mu$ T pada kondisi normal. Saat studio beroperasi, terjadi sedikit peningkatan dengan nilai rata-rata tertinggi tetap 0,20  $\mu$ T namun dengan fluktuasi maksimal mencapai 0,07  $\mu$ T.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Nilai Medan Magnet saat Studio Musik Beroperasi

Sensor	Nilai Rata-rata Medan Magnet pada Kondisi Studio Musik Kosong ( $\mu$ T)						Nilai Rata-rata ( $\mu$ T)	Nilai Fluktuasi Tertinggi ( $\mu$ T)
	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit	150 Menit	180 Menit		
A	0.22	0.22	0.24	0.25	0.25	0.23	0.23	0.03
B	0.22	0.25	0.23	0.28	0.23	0.24	0.24	0.06
C	0.28	0.23	0.26	0.30	0.26	0.25	0.26	0.07
D	0.23	0.26	0.25	0.27	0.26	0.24	0.25	0.04
E	0.21	0.22	0.23	0.25	0.25	0.27	0.24	0.06
F	0.24	0.25	0.27	0.24	0.28	0.25	0.25	0.04

*Pengujian Magnet Neodymium*

Pengujian dilakukan terhadap berbagai grade magnet neodymium (N42-N54) dengan variasi jarak 10-50 cm. Magnet grade N54 menunjukkan performa terbaik dengan nilai medan magnet mencapai 22,41  $\mu$ T pada jarak 10 cm dan masih terdeteksi hingga 0,55  $\mu$ T pada jarak 50 cm. Berdasarkan hasil ini, magnet neodymium N54 dipilih sebagai tag penanda dengan threshold deteksi ditetapkan pada 1  $\mu$ T.

**Tabel 5.** Pengujian Nilai Medan Magnet dari Magnet Neodymium

Grade Magnet Neodymium	Nilai Medan Magnet saat Magnet Berjarak ... cm dari Sensor				
	10	20	30	40	50
N42	1,26 uT	0,64 uT	0,42 uT	0,29 uT	0,21 uT
N45	2,83 uT	0,85 uT	0,62 uT	0,41 uT	0,33 uT
N48	4,92 uT	1,03 uT	0,73 uT	0,40 uT	0,37 Ut
N50	6,54 uT	2,21 uT	0,88 uT	0,49 uT	0,35 uT
N52	15,21 uT	7,17 uT	1,43 uT	0,57 uT	0,44 uT
N54	22,41 uT	12,17uT	2,71 uT	0,92 uT	0,55uT

*Pengujian Deteksi Benda*

Pengujian meliputi lima jenis peralatan studio (mikrofon, pedal gitar listrik, adaptor pedal gitar, pedal piano elektrik, dan soundcard) serta tujuh jenis benda umum yang biasa dibawa pengunjung. Hasil menunjukkan:

- 1) Tingkat keberhasilan deteksi peralatan studio mencapai 100% hingga jarak 30 cm
- 2) Tidak ada false positive (0%) terhadap benda-benda umum pengunjung
- 3) Jarak optimal deteksi maksimal 30 cm

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Deteksi Benda Milik Studio

Percobaan Ke-	Benda Studio yang diuji coba	Status Deteksi pada jarak ... cm				
		10	20	30	40	50
1	Microphone	ü	ü	ü	X	X
2	Pedal Gitar Listrik	ü	ü	ü	X	X
3	Adaptor Pedal Gitar	ü	ü	ü	X	X
4	Pedal Piano Elektrik	ü	ü	ü	X	X
5	Soundcard	ü	ü	ü	X	X
Persentase deteksi		100%	100%	100%	0%	0%

## *Pengujian Sistem Notifikasi*



**Gambar 4.** Tampilan Notifikasi pada Aplikasi Telegram

Sistem notifikasi Telegram (@DeteksiMalingStudio\_Bot) menunjukkan performa yang sangat baik dengan:

- 1) Tingkat keberhasilan pengiriman notifikasi 100%
- 2) Rata-rata delay pengiriman 2,4 detik
- 3) Konsistensi pengiriman notifikasi hanya saat terdeteksi indikasi pencurian

## *Pengujian Sistem Keseluruhan*

Hasil pengujian komprehensif menunjukkan:

- 1) Tingkat keberhasilan deteksi peralatan studio: 100%
- 2) Persentase false positive: 0%
- 3) Rata-rata delay notifikasi: 2,4 detik
- 4) Sistem berhasil membedakan peralatan studio dengan benda umum pengunjung
- 5) LED indikator dan buzzer berfungsi sesuai desain
- 6) Sistem notifikasi Telegram bekerja secara real-time dan akurat

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Percobaan Ke-	Nama Benda	Status Deteksi	Kondisi LED dan Buzzer		Respon Aplikasi Telegram	
			LED	Buzzer	Notifikasi	Delay
1	Tanpa benda	Tidak terdeteksi	X	X	Tidak Terkirim	-
2	Microphone	Terdeteksi	ü	ü	Terkirim	2 detik
3	Efek gitar listrik	Terdeteksi	ü	ü	Terkirim	3 detik
4	Adaptor efek gitar	Terdeteksi	ü	ü	Terkirim	2 detik
6	Soundcard	Terdeteksi	ü	ü	Terkirim	2 detik
7	Pedal piano	Terdeteksi	ü	ü	Terkirim	3 detik
8	Handphone	Tidak terdeteksi	X	X	Tidak Terkirim	-
9	Laptop	Tidak terdeteksi	X	X	Tidak Terkirim	-
10	Jam tangan	Tidak terdeteksi	X	X	Tidak Terkirim	-
11	Charger Laptop atau Handphone	Tidak terdeteksi	X	X	Tidak Terkirim	-
12	Ikat pinggang besi	Tidak terdeteksi	X	X	Tidak Terkirim	-
13	Earphone	Tidak terdeteksi	X	X	Tidak Terkirim	-
14	Kunci motor/mobil	Tidak terdeteksi	X	X	Tidak Terkirim	-
Persentase deteksi dari benda milik studio					100%	
Persentase deteksi dari benda uji coba lain					0%	
Rata-rata delay notifikasi pada Telegram					2,4 detik	

Berdasarkan seluruh hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat deteksi yang dikembangkan memenuhi spesifikasi yang diharapkan dengan tingkat akurasi dan reliabilitas yang tinggi. Sistem berhasil mendeteksi peralatan studio yang ditandai dengan magnet neodmium, memberikan notifikasi real-time, dan tidak memberikan false alarm terhadap benda-benda umum pengunjung.

### **Pembuatan Alat Deteksi Peralatan Berharga pada Rental Studio Musik**

Alat deteksi peralatan berharga pada rental studio musik dibuat dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama. Sistem menggunakan sensor HMC5883L sebagai pendeteksi medan magnet, yang menurut Huang et al. (2024) dapat mendeteksi anomali medan magnet dengan sensitifitas tinggi. Sensor ini mampu membaca fluktuasi medan magnet yang disebabkan oleh keberadaan magnet neodmium yang ditempelkan sebagai tag pada peralatan studio. Sistem menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama yang mengontrol seluruh proses kerja sistem, sesuai dengan spesifikasi yang dijelaskan dalam Triguntoro dan Kelviandy (2024) bahwa Arduino Uno cocok untuk aplikasi yang membutuhkan pembacaan input dari berbagai sensor. Untuk mengatasi keterbatasan penggunaan multiple sensor HMC5883L, sistem menggunakan multiplexer I2C TCA9548A yang memungkinkan penggunaan lebih dari satu sensor HMC5883L pada sebuah Arduino Uno. Sistem juga dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi pergerakan orang yang melewati area sensor. Kombinasi kedua sensor ini menciptakan sistem deteksi yang lebih akurat, dimana alarm hanya akan berbunyi jika terdeteksi pergerakan orang bersamaan dengan terdeteksinya anomali medan magnet yang signifikan. Hal ini sejalan dengan konsep Magnetic Anomaly Detection (MAD) yang dijelaskan oleh Chen et al. (2023), dimana perubahan medan magnet dapat mengindikasikan keberadaan objek bermagnet.

## **Analisis Kekuatan Tag Magnet yang Optimal**

Berdasarkan hasil pengujian berbagai grade magnet neodymium (N42-N54), ditemukan bahwa magnet neodymium grade N54 memberikan hasil optimal dengan menghasilkan nilai medan magnet sebesar 22,41  $\mu\text{T}$  pada jarak 10 cm dan masih dapat terdeteksi hingga jarak 30 cm dengan nilai 2,71  $\mu\text{T}$ . Hal ini sesuai dengan karakteristik magnet neodymium yang dijelaskan oleh Murzin et al. (2020), dimana magnet neodymium memiliki kekuatan magnet yang tinggi dan stabil. Pengujian menunjukkan bahwa nilai threshold medan magnet yang optimal untuk mendeteksi keberadaan tag magnet adalah 1  $\mu\text{T}$ . Nilai ini dipilih berdasarkan hasil pengukuran medan magnet normal di lokasi yang berkisar antara 0,17-0,21  $\mu\text{T}$  dalam kondisi normal dan mencapai maksimal 0,20  $\mu\text{T}$  saat studio beroperasi. Pemilihan threshold ini memungkinkan sistem untuk membedakan antara benda bertag magnet dengan benda lain yang umumnya dibawa pengunjung studio, seperti handphone, laptop, atau kunci kendaraan.

## **Evaluasi Kemampuan Deteksi Sistem**

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi seluruh benda studio yang telah dipasang tag magnet neodymium dengan tingkat keberhasilan 100% pada jarak hingga 30 cm. Hal ini sejalan dengan penelitian Prakash et al. (2023) yang membuktikan kemampuan sensor HMC5883L dalam mendeteksi perubahan medan magnet dari benda-benda kecil, serta penelitian Hubner et al. (2024) yang menunjukkan efektivitas sensor HMC5883L dalam sistem keamanan. Sistem juga menunjukkan kemampuan yang baik dalam membedakan benda bertag dengan benda lain, dengan tingkat false positive 0%. Ini membuktikan bahwa pemilihan threshold 1  $\mu\text{T}$  efektif dalam mencegah false alarm. Sistem keamanan dilengkapi dengan notifikasi real-time melalui aplikasi Telegram, dengan rata-rata delay pengiriman notifikasi 2,4 detik. Penggunaan Telegram Bot API sesuai dengan yang dijelaskan oleh Gao et al. (2024), memungkinkan pengiriman data secara real-time dari perangkat IoT. Integrasi sensor HMC5883L dengan sistem IoT ini sejalan dengan penelitian Li et al. (2023) yang membuktikan kehandalan sensor HMC5883L dalam sistem deteksi terintegrasi IoT. Sistem mampu memberikan peringatan dini melalui alarm lokal dan notifikasi Telegram, memberikan waktu respons yang cukup bagi pemilik studio untuk mencegah potensi pencurian. Keseluruhan hasil menunjukkan bahwa sistem berhasil mencapai tujuannya dalam mendeteksi dan mencegah pencurian peralatan studio musik, dengan kemampuan deteksi yang akurat dan sistem notifikasi yang responsif. Penggunaan magnet neodymium sebagai tag terbukti efektif dan tidak mengganggu fungsi peralatan studio, sesuai dengan karakteristik magnet neodymium yang stabilitas dan kekuatannya cukup baik.

## **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari seluruh tahapan pengujian pada penelitian berjudul Pembuatan Alat Deteksi Peralatan Berharga pada Rental Studio Musik Menggunakan Sensor HMC5883L dengan Magnet Neodymium Sebagai Tag, dapat disimpulkan bahwa alat telah berhasil dibuat dan memiliki kinerja yang cukup baik. Sensor HMC5883L memiliki perbedaan sebesar 9,16% dalam membaca nilai medan magnet jika dibandingkan dengan alat ukur medan magnet yang sudah terkalibrasi, sedangkan sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki kemampuan pembacaan jarak yang cukup baik hingga 70 cm. Alat yang dibuat mampu membaca keberadaan tag magnet neodymium hingga jarak maksimal 30 cm, dengan nilai threshold medan magnet yang ditentukan sebagai indikator keberadaan benda milik studio yaitu sebesar 1 mikrottesla (uT). Alat ini mampu mendeteksi keberadaan benda milik studio musik yang sudah ditempelkan dengan tag magnet neodymium dan memiliki tingkat keberhasilan deteksi sebesar 100%, serta persentase false alarm akibat benda lain yang diuji coba sebesar 0%. Selanjutnya aplikasi Telegram juga berhasil mengirimkan notifikasi ke pemilik studio saat sistem mendeteksi adanya pencurian, tingkat keberhasilannya adalah sebesar 100% dengan rata-rata delay yang dibutuhkan untuk mengirim notifikasi selama 2 sampai 3 detik.

## References

- Ansari, Mohd. A., & Singh, D. K. (2021). An expert video surveillance system to identify and mitigate shoplifting in megastores. *Multimedia Tools and Applications*, 81(16). <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11438-2>
- Case, A. U. (2022). Satisfying curriculum and rewarding curiosity—A case study in recording studios for education, experimentation, and verification. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 152(4\_Supplement), A103–A103. <https://doi.org/10.1121/10.0015687>
- Chen, R., Deng, Y., Gao, Y., Li, J., & Liu, H. (2023). Imaging multiple magnetized anomalies by geomagnetic monitoring. *Journal of Computational Physics*, 498, 112661–112661. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2023.112661>
- Choi, J., Kim, I., & Kim, H. (2024). MagID: Enhancing the Functionality of Off-the-Shelf Smartphones through Magnetic Accessory Identification. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3474915>
- Gao, Y., Xiao, K., Li, F., Xu, W., Huang, J., & Dong, W. (2024). ChatIoT: Zero-code Generation of Trigger-action Based IoT Programs. *Proceedings of the ACM on Interactive Mobile Wearable and Ubiquitous Technologies*, 8(3), 1–29. <https://doi.org/10.1145/3678585>
- Huang, Q., Tang, Z. B., Weng, X., He, M., Liu, F., Yang, M., & Jin, T. (2024). A Novel Electricity Theft Detection Strategy Based on Dual-Time Feature Fusion and Deep Learning Methods. *Energies*, 17(2), 275–275. <https://doi.org/10.3390/en17020275>
- Hubner, M., Wohlleben, K., Litzenberger, M., Veigl, S., Opitz, A., Grebien, S., Graf, F., Haderer, A., Rechbauer, S., & Poltschak, S. (2024). Robust Detection of Critical Events in the Context of Railway Security Based on Multimodal Sensor Data Fusion. *Sensors*, 24(13), 4118–4118. <https://doi.org/10.3390/s24134118>
- Li, W., Chen, G., Zhang, X., Wang, N., Lv, S., & Huang, J. (2024). When Industrial Radio Security Meets AI: Opportunities and Challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 20(10), 11854–11865. <https://doi.org/10.1109/tii.2024.3413320>
- Li, W., Zhang, Z., Liang, Y., Shen, F., Gao, W., & Xu, D. (2023). Navigation Sensor Data Reliability Model-Based on Self-Evaluation and Mutual Evaluation. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(23), 20735–20745. <https://doi.org/10.1109/jiot.2023.3304753>
- Montanaro, M., Rinaldi, A. M., Russo, C., & Tommasino, C. (2024). Using knowledge graphs for audio retrieval: a case study on copyright infringement detection. *World Wide Web*, 27(4). <https://doi.org/10.1007/s11280-024-01277-0>
- Murzin, D., Mapps, D. J., Levada, K., Belyaev, V., Omelyanchik, A., Panina, L., & Rodionova, V. (2020). Ultrasensitive Magnetic Field Sensors for Biomedical Applications. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(6). <https://doi.org/10.3390/s20061569>
- Prakash, A., Tyagi, P., Katiyar, A. K., & Dubey, S. K. (2023). A Microcontroller-Based Compact Device for Measuring Weak Magnetic Fields. *IEEE Sensors Journal*, 23(13), 14339–14345. <https://doi.org/10.1109/jsen.2023.3279366>
- Triguntoro, T., & Kelviandy, M. K. (2024). Automatic Irrigation System Based on Soil Moisture Using Arduino UNO R3. *NUCLEUS*, 5(02), 144–153. <https://doi.org/10.37010/nuc.v5i02.1788>
- Villegas-Ch, W., Govea, J., Gutierrez, R., Maldonado Navarro, A., & Mera-Navarrete, A. (2024). Effectiveness of an Adaptive Deep Learning-Based Intrusion Detection System. *IEEE Access*, 12, 184010–184027. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3512363>
- Wang, X., Wang, H., Cao, R., Wang, H., & Feng, C. (2024). Experimental and numerical analysis of NdFeB magnets under static and dynamic loading conditions. *Journal of Alloys and Compounds*, 999, 175055–175055. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2024.175055>

- Wang, Z., Zhan, J., Zhang, G., Ouyang, D., & Guo, H. (2023). An End-to-End Transfer Learning Framework of Source Recording Device Identification for Audio Sustainable Security. *Sustainability*, *15*(14), 11272. <https://doi.org/10.3390/su151411272>
- Zulfiqar, M. I., & Younis, I. (2024). Enhanced Security Paradigms: Converging IoT and Biometrics for Advanced Locker Protection. *IEEE Internet of Things Journal*. <https://doi.org/10.1109/jiot.2024.3432282>

