

SISTEM KEAMANAN RUANG MESIN CHILLER BERBASIS NOTIFIKASI DAN DATA IMAGE VALIDASI MENGGUNAKAN APLIKASI TELEGRAM

Vector Anggit Pratomo¹, Vikal Dwi Robiyulian²

¹Teknik Elektro, Universitas Pancasila, Jl. Lenteng Agung Raya No.56, RT.1/RW.3, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia, 12630

Correspondence: Ainil Syafitri (ainils76@gmail.com)

Received: 01 July 2025 – Revised: 30 July 2025 - Accepted: 30 Aug 2025 - Published: 30 Sept 2025

Abstrak.

Penggunaan chiller di gedung-gedung tinggi di Indonesia meningkat karena iklim tropis. Namun, belum ada sistem keamanan yang memantau aktivitas di area chiller. Hal ini mengakibatkan kesalah pahaman dan kenaikan suhu, mengganggu aktivitas dan produksi. Oleh karena itu, diciptakan sistem keamanan berbasis RFID untuk area tersebut. RF ID terdaftar akan mengaktifkan lampu hijau dan membuka pintu via pengendali mikro. RFID tak terdaftar menyala lampu merah. Personel harus menekan tombol saat keluar untuk menonaktifkan RFID. Sensor PIR SR602 HW-438 mendeteksi pergerakan di dalam ruangan. Data dari sensor dikirim ke aplikasi Telegram dengan notifikasi foto dan pesan kepada operator. Perancangan ini menciptakan sistem keamanan dan informasi akses ke ruang mesin chiller, termasuk aplikasi Telegram untuk notifikasi foto dan pesan kepada operator.

PENDAHULUAN

Dalam era modern yang ditandai oleh pembangunan gedung-gedung pencakar langit dan pabrik yang semakin meluas, sistem pendingin, terutama di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia, telah menjadi suatu kebutuhan yang esensial. Mesin chiller water cooler menjadi solusi untuk menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dengan suhu yang tepat. Namun, keberadaan mesin chiller ini seringkali terkendala oleh kurangnya sistem pemantauan dan pengamanan yang efektif. Hal ini dapat menyebabkan kesalahpahaman antar operator, bahkan mengakibatkan ketidakefektifan dalam aktivitas kerja dan proses produksi akibat kenaikan suhu. Dalam konteks ini, sebuah solusi berbasis teknologi RFID dan aplikasi Telegram telah

dirancang untuk memastikan keamanan dan pemantauan area ruang mesin chiller. Sistem ini memungkinkan akses hanya bagi operator yang memiliki izin melalui kartu RFID terdaftar, mengaktifkan lampu indikator dan pintu akses secara otomatis. Keselamatan lebih lanjut dijamin dengan kehadiran kamera yang merekam dan mengirimkan data gambar serta pesan melalui aplikasi Telegram kepada pihak yang berwenang. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sistem pemantauan keamanan jarak jauh yang mengurangi potensi kesalahpahaman antar operator dan departemen yang berwenang, dan hasilnya terwujud dalam Sistem Keamanan Ruang Mesin Chiller Berbasis Notifikasi dan Data Image Validasi

Menggunakan Aplikasi Telegram.

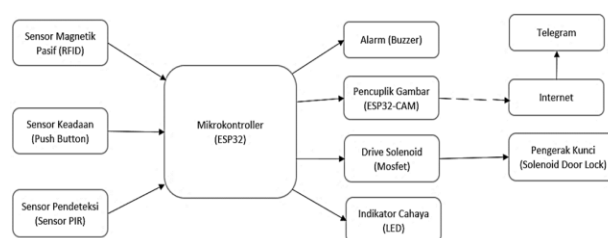
MASALAH

Penggunaan mesin chiller di gedung-gedung tinggi dan kawasan industri memiliki peran penting dalam menjaga suhu ruang kerja yang ideal. Namun, hingga saat ini masih banyak ruang mesin chiller yang belum dilengkapi sistem keamanan dan pemantauan akses yang memadai. Kondisi ini berpotensi menyebabkan permasalahan serius seperti akses ilegal oleh pihak yang tidak berwenang, kesalahpahaman antar operator mengenai jadwal dan tanggung jawab kerja, serta keterlambatan penanganan jika terjadi gangguan atau aktivitas mencurigakan di dalam ruangan. Selain itu, tidak adanya dokumentasi visual dan notifikasi real-time kepada operator menjadikan sistem keamanan tradisional kurang responsif terhadap insiden. Permasalahan tersebut menimbulkan kebutuhan akan sistem keamanan otomatis yang mampu mengidentifikasi pengguna secara akurat, memantau aktivitas dalam ruangan, serta memberikan notifikasi cepat kepada pihak terkait secara jarak jauh.

METODE PELAKSANAAN

Pada bab ini akan membahas tentang sistem yang dibuat meliputi, skema, diagram blok, flowchart, desain alat dan perancangan sistem keamanan ruang mesin chiller yang dirancang untuk memonitoring pada suatu ruangan.

1. Diagram Blok Sistem

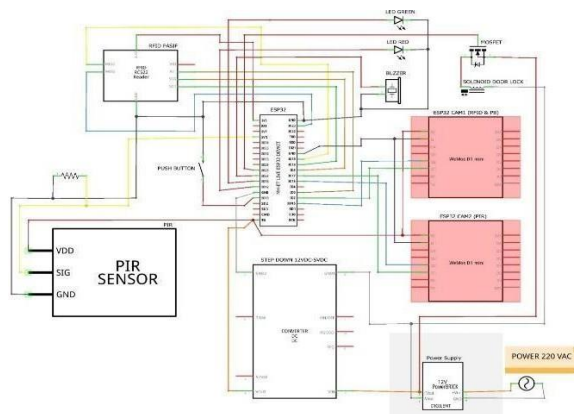


Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Pada bagian input terdapat RFID yang digunakan untuk membuka akses pintu ruang mesin chiller dari luar dan sebagai pemberi data kepada ESP32 bahwa siapa saja yang akan melakukan kegiatan ke dalam ruang mesin chiller. Kemudian Push Button sebagai saklar untuk membuka pintu akses ruang mesin chiller dan untuk mengurangi nilai data dari banyaknya jumlah data yang diberikan RFID kepada ESP32. Setelah jumlah nilai data yang diberikan oleh RFID dan Push Button sudah sesuai maka Sensor PIR akan ON dan mendeteksi apakah ada pergerakan/kegiatan di dalam ruangan.

Pada bagian proses terdapat komponen ESP32 yang menjadi pusat kontrol keseluruhan.

Pada bagian output terdapat Buzzer dan LED sebagai notifikasi apakah kartu yang di tap pada RFID valid atau tidak. Kemudian ESP32 CAM sebagai output dari ESP32 setelah mendapatkan input dari RFID dan Sensor PIR yang kemudian memberikan data berupa capture gambar/foto sebagai notifikasi ke aplikasi Telegram. Dan Mosfet Modul sebagai saklar pada keluaran ESP32 untuk menghidupkan solenoid lock agar pintu akses ruang mesin chiller bisa dibuka.

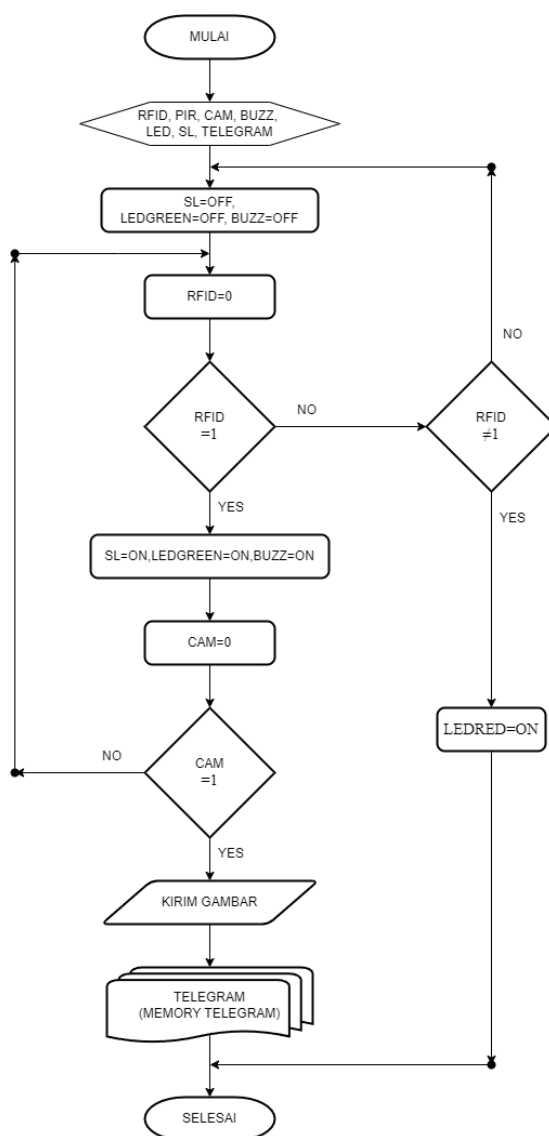


Gambar 2 Skema Rangkaian

No	Pin ESP32	Terhubung ke Komponen
1	3.3V	3V3 (RFID)
2	P0	RST (RFID)
3	GND	GND (RFID)
4	P19	MISO (RFID)
5	P23	MOSI (RFID)
6	P18	SCK (RFID)
7	P5	SDA (RFID)
8	5V	+ (PIR)
9	GND	- (PIR)
10	SVN	OUT (PIR)
11	P13	PIN 1 (PUSH BUTTON)
12	GND	PIN 2 (PUSH BUTTON)
13	P26	TRIGER (MOSFET)
14	P27	+ (BUZZER)
15	GND	- (BUZZER)
16	P12	+ (LED MERAH)
17	GND	- (LED MERAH)
18	P14	+ (LED HIJAU)
19	GND	- (LED HIJAU)
20	5V	5V (ESP32-CAM RFID&PB)
21	GND	GND (ESP32-CAM RFID&PB)
22	P15	IO15 (ESP32-CAM RFID&PB)

23	P2	IO14 (ESP32-CAM RFID&PB)
24	5V	5V (ESP32-CAM PIR)
25	GND	GND (ESP32-CAM PIR)
26	P16	IO15 (ESP32-CAM PIR)
27	P17	IO14 (ESP32-CAM PIR)

2. flowchat



Gambar 3 Flowchart

Penjelasan flowchart perancangan sistem:

1. Mulai

Langkah pertama dalam menggunakan alat ini adalah memberikan tegangan pada sistem atau rangkaian.

2. Pindai RFID

RFID membaca informasi pada kartu RFID menggunakan gelombang elektromagnetik.

Informasi yang dibaca oleh RFID selanjutnya ditransmisikan ke mikrokontroler, yang dikonfirmasi oleh informasi di memori ESP32 3. Inisialisasi Mikrokontroler

3. Inisialisasi Mikrokontroler

Saat sistem aktif, mikrokontroler ESP32 mengontrol semua input dan output. Mikrokontroler ESP32 mengaktifkan pembaca RFID, LED, buzzer dan kamera ESP32 untuk mengeluarkan notifikasi.

4. Kartu RFID Sesuai

Jika informasi pada kartu RFID cocok, maka mikrokontroler mengeksekusi instruksi selanjutnya yaitu menyalakan mosfet, solenoid doorlock, buzzer, LED hijau, ESP32CAM dan mengirimkan notifikasi ke telegram.

5. Kartu RFID Tidak Sesuai

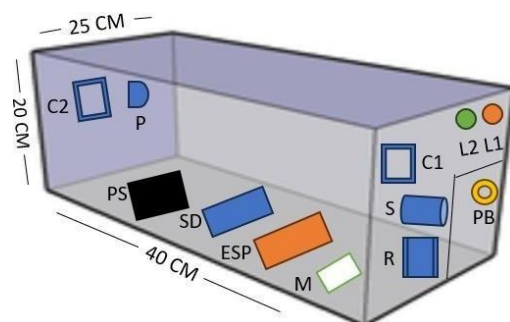
LED red akan aktif dan harus kembali ke scan RFID karena kartu tidak sesuai atau tidak terdata pada memori ESP32.

6. Solenoid Terbuka

Solenoid aktif dan pintu dapat dibuka ketika kartu RFID sesuai.

7. Selesai

3. Desain Alat



Gambar 4 Desain Alat

“Rancang Bangun Sistem Keamanan Ruang Mesin Chiller Menggunakan RFID Dengan Notifikasi Pada Aplikasi Telegram Dan CAM Kamera Sebagai Pendukung” menggunakan kubus persegi panjang berbahan akrilik dengan ukuran Panjang 40cm x lebar 25cm x tinggi 20cm yang berisikan komponen sebagai berikut.

Keterangan:

ESP : Mikrokontroler ESP32

C1 : Mikrokontroler ESP32 CAM 1

C2 : Mikrokontroler ESP32 CAM 2

R : RFID

P : Sensor PIR

S : Solenoid Lock

PB : Push Button

PS : Power Supply

M : Mosfet

L1 : LED 1 Merah

L2 : LED 2 Hijau

SD : Step Down DC-DC

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem keamanan ruang mesin *chiller* yang dirancang meliputi implementasi pengenalan kartu RFID yang sudah terdaftar pada sistem dan proses *capture* menggunakan fungsi ESP32-CAM, layar notifikasi telegram dan perangkat keras. Tujuan pengujian sistem pengaman ruangan mesin *chiller* dalam bentuk *prototype* adalah untuk mengecek apakah sistem pengaman ruangan mesin *chiller* yang akan dirancang memenuhi harapan. Bentuk *prototype* ditunjukkan pada Gambar 9 sebagai berikut.



Proses Gambar 5 Tampilan Bentuk Alat

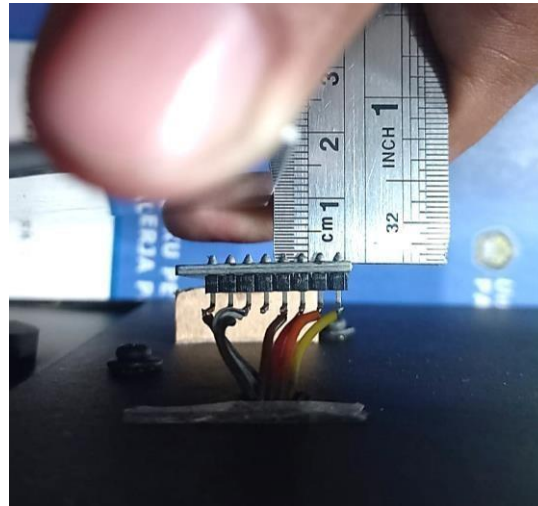
1. Uji Sensor Magnetik Pasif (RFID) Pengujian fungsi pada RFID dengan cara mengidentifikasi kartu RFID dengan jarak yang berbeda-beda selama 2 menit disetiap pengujiannya.

Tabel 1 Hasil uji pembacaan RFID pada kartu dengan jarak 1 CM

No	Tanggal	Waktu	Jarak Percobaan	Keterangan
1	21/08/2023	07:24	1 CM	Terbaca
2	21/08/2023	07:24	1 CM	Terbaca
3	21/08/2023	07:24	1 CM	Terbaca
4	21/08/2023	07:24	1 CM	Terbaca
5	21/08/2023	07:24	1 CM	Terbaca
6	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
7	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
8	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
9	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
10	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
11	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
12	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
13	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
14	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
15	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
16	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
17	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
18	21/08/2023	07:25	1 CM	Terbaca
19	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca
20	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca
21	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca
22	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca

23	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca
24	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca
25	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca
26	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca
27	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca
28	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca
29	21/08/2023	07:26	1 CM	Terbaca

Pada Tabel 1 telah dilakukan pengujian deteksi kartu dengan jarak 1 CM selama 2 menit dan jumlah deteksi yang didapatkan adalah 29 kali.



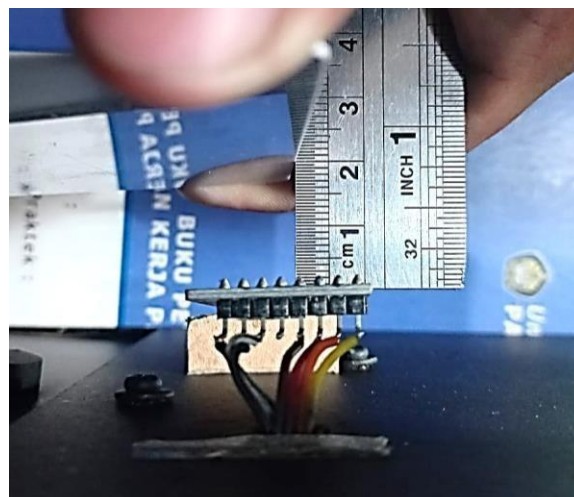
Gambar 6 Jarak Pengukuran 1 CM

Tabel 2 Hasil uji pembacaan RFID pada kartu dengan jarak 2 CM

No	Tanggal	Waktu	Jarak Percobaan	Keterangan
1	21/08/2023	07:29	2 CM	Terbaca
2	21/08/2023	07:29	2 CM	Terbaca
3	21/08/2023	07:29	2 CM	Terbaca
4	21/08/2023	07:29	2 CM	Terbaca
5	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
6	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
7	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
8	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
9	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
10	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
11	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
12	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
13	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
14	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca

15	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
16	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
17	21/08/2023	07:30	2 CM	Terbaca
18	21/08/2023	07:31	2 CM	Terbaca
19	21/08/2023	07:31	2 CM	Terbaca
20	21/08/2023	07:31	2 CM	Terbaca
21	21/08/2023	07:31	2 CM	Terbaca
22	21/08/2023	07:31	2 CM	Terbaca
23	21/08/2023	07:31	2 CM	Terbaca
24	21/08/2023	07:31	2 CM	Terbaca
25	21/08/2023	07:31	2 CM	Terbaca

Pada table 2 telah dilakukan pengujian deteksi kartu dengan jarak 2 CM selama 2 menit dan jumlah deteksi yang didapatkan adalah 25 kali.

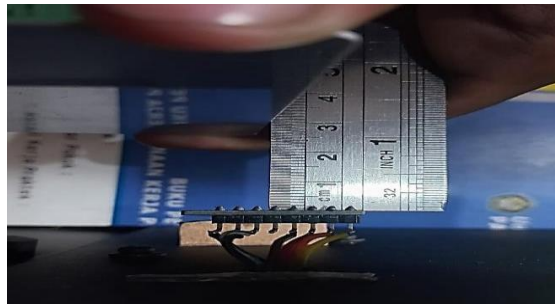


Gambar 7 Jarak Pengukuran 2 CM

Tabel 3 Hasil uji pembacaan RFID pada kartu RFID dengan jarak 3 CM Pada table 3 telah dilakukan pengujian deteksi kartu dengan jarak 3 CM selama 2 menit dan jumlah deteksi yang didapatkan adalah 15 kali

No	Tanggal	Waktu	Jarak Percobaan	Keterangan
1	21/08/2023	07:34	3 CM	Terbaca
2	21/08/2023	07:34	3 CM	Terbaca
3	21/08/2023	07:34	3 CM	Terbaca
4	21/08/2023	07:34	3 CM	Terbaca

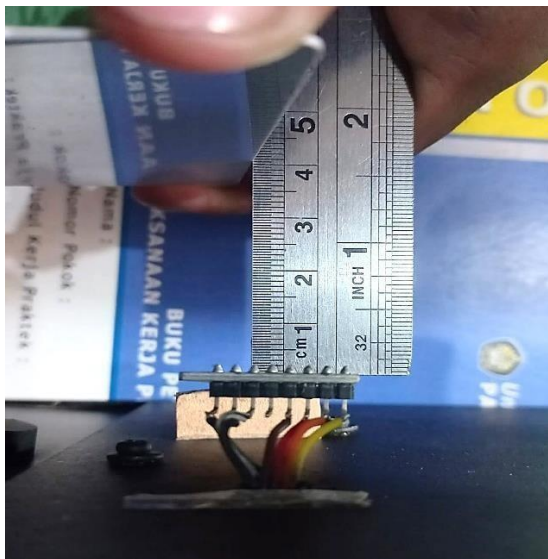
5	21/08/2023	07:34	3 CM	Terbaca
6	21/08/2023	07:35	3 CM	Terbaca
7	21/08/2023	07:35	3 CM	Terbaca
8	21/08/2023	07:35	3 CM	Terbaca
9	21/08/2023	07:35	3 CM	Terbaca
10	21/08/2023	07:35	3 CM	Terbaca
11	21/08/2023	07:35	3 CM	Terbaca
12	21/08/2023	07:35	3 CM	Terbaca
13	21/08/2023	07:36	3 CM	Terbaca
14	21/08/2023	07:36	3 CM	Terbaca
15	21/08/2023	07:36	3 CM	Terbaca



Gambar 8 Jarak Pengukuran 3 CM

Tabel 4 Hasil uji pembacaan RFID pada kartu dengan jarak 4CM telah dilakukan pengujian deteksi kartu dengan jarak 4 CM selama 2 menit dan jumlah deteksi yang didapatkan adalah 10 kali.

No	Tanggal	Waktu	Jarak Percobaan	Keterangan
1	21/08/2023	07:42	4 CM	Terbaca
2	21/08/2023	07:42	4 CM	Terbaca
3	21/08/2023	07:42	4 CM	Terbaca
4	21/08/2023	07:42	4 CM	Terbaca
5	21/08/2023	07:43	4 CM	Terbaca
6	21/08/2023	07:43	4 CM	Terbaca
7	21/08/2023	07:43	4 CM	Terbaca
8	21/08/2023	07:43	4 CM	Terbaca
9	21/08/2023	07:43	4 CM	Terbaca
10	21/08/2023	07:44	4 CM	Terbaca



Gambar 9 Jarak Pengukuran 4 CM

Setelah melakukan 4 kali pengujian dengan jarak penempatan kartu yang bervariasi, dari tabel tersebut juga menunjukkan bahwa jarak kartu yang dapat terbaca dengan baik yaitu pada jarak 1 CM.



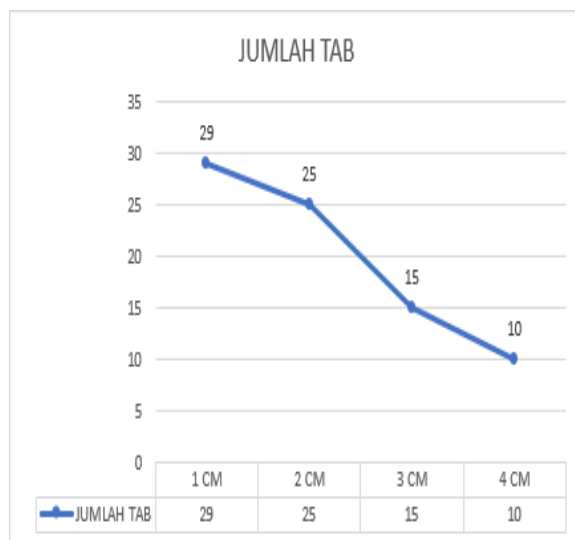
Gambar 10 Proses Uji RFID Pada Kartu Yang Terdaftar

menunjukkan jika kartu RFID sudah terdaftar maka LED hijau dan solenoid akan aktif kemudian pintu terbuka



Gambar 11 Proses Uji RFID Pada Kartu Yang Belum Terdaftar

Menunjukkan jika kartu RFID belum terdaftar maka LED merah aktif dan solenoid tidak aktif kemudian pintu tidak terbuka



Gambar 12 Uji RFID

2. Pengujian ESP32-CAM

Tabel 5 Hasil Capture Camera dari RFID dan Push Button

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel sebanyak 5 kali ESP32-CAM akan aktif ketika nilai RFID dan push button 1, namun ketika nilai RFID dan push button 0 ESP32-CAM tidak aktif. Hasil pengambilan gambar pada ESP32-CAM dari perintah RFID dan ESP32-CAM.

No	Jumlah Data		ESP32-CAM
	RFID	Push Button	
1	0	0	Tidak Aktif
2	1	1	Aktif
3	2	2	Aktif
4	3	3	Aktif
5	4	4	Aktif

Tabel 1 Hasil uji pembacaan RFID pada kartu dengan jarak 1 CM



Gambar 13 Hasil Capture ESP32-CAM Dari Perintah RFID dan Push Button

Tabel 6 Pendataan hasil Capture Camera dari perintah Sensor PIR

No	Objek	Sensor PIR	ESP32-CAM
1	Tangan Manusia	Aktif	Aktif
2	Kertas Karton	Aktif	Aktif
3	Kabel Data/USB	Aktif	Aktif
4	Pengaris Besi	Aktif	Aktif

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.8 sebanyak 4 kali sensor dapat mendeteksi pergerakan dari objek yang berbeda kemudian dari pergerakan tersebut sensor PIR memberi perintah ke ESP32-CAM untuk melakukan pengambilan gambar. Hasil pengambilan gambar pada ESP32-CAM dari perintah Sensor PIR



Gambar 13 Hasil Capture ESP32-CAM Dari Sensor PIR

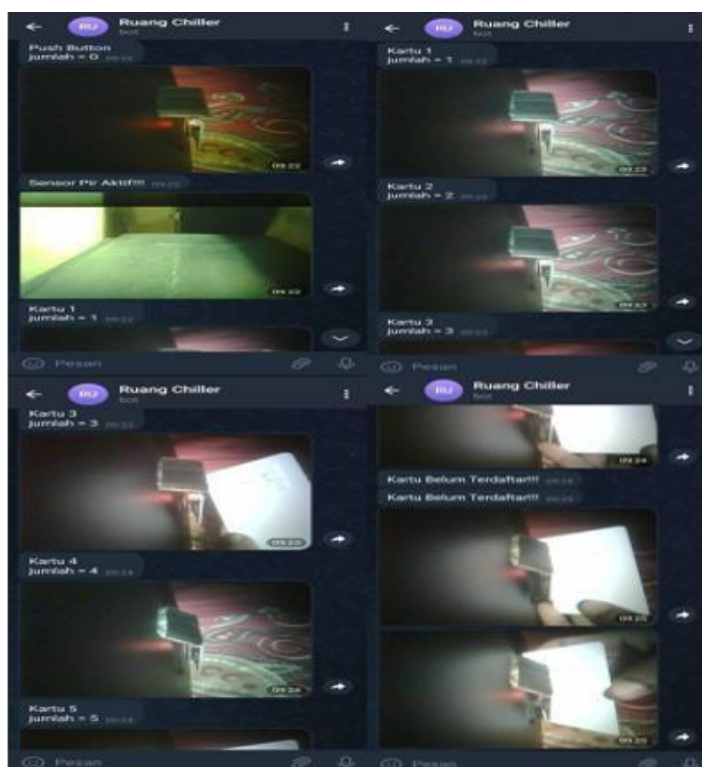
3. Pengujian Notifikasi Telegram

Notifikasi telegram akan masuk ketika sensor PIR, RFID, dan push button bekerja/melakukan proses kemudian memberikan perintah ESP32- CAM untuk mengcapture dan foto tersebut akan dikirim melalui aplikasi telegram. Tabel 7 Notifikasi data berupa gambar dan pesan pada aplikasi telegram

No	Tanggal	Waktu	Nama	Telegram
1	11/08/2023	09.22	Push Button	Masuk Notif
2	11/08/2023	09.22	Sensor PIR	Masuk Notif
3	11/08/2023	09.22	Kartu 1	Masuk Notif
4	11/08/2023	09.23	Kartu 2	Masuk Notif
5	11/08/2023	09.23	Kartu 3	Masuk Notif
6	11/08/2023	09.24	Kartu 4	Masuk Notif

7	11/08/2023	09.24	Kartu 5	Masuk Notif
8	11/08/2023	09.25	Kartu Belum Terdaftar	Masuk Notif

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 7 menunjukkan percobaan dan berhasil mengirim notifikasi ke aplikasi telegram. Proses pengujian notifikasi telegram dapat dilihat pada gambar 14 sebagai berikut.



Gambar 14 Notifikasi Gambar dan Pesan Pada Aplikasi Telegram

KESIMPULAN

1. Sistem keamanan ruang mesin chiller yang dibuat telah berjalan dengan baik.
2. Sistem ini dapat dirancang dengan menggabungkan beberapa komponen diantaranya, RFID, kunci pintu magnetik, ESP32 CAM, mikrokontroler ESP32, aplikasi Telegram dan jaringan internet.
3. Penggunaan RFID memudahkan operator untuk membuka dan menutup pintu akses.
4. Kartu RFID yang digunakan adalah kartu khusus yang terdaftar pada sistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada semua pihak yang terlibat dalam pembuatan naskah ini dan pihak masyarakat. Ucapan terima kasih dapat pula ditujukan kepada penyedia dana atau sponsor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. I. G. Abdi Pranata, K. Rihendra Dantes, and I. N. Pasek Nugraha, "STUDI KOMPARASI PERBANDINGAN AIR DAN UDARA SEBAGAI MEDIA PENDINGIN KONDENSOR TERHADAP PENCAPAIAN SUHU OPTIMAL SIKLUS PRIMER PADA PROTOTYPE WATER CHILLER."
- [2] M. Ari Ramadhan, S. Noertjahjono, and F. Santi Wahyuni, "RANCANG BANGUN AKSES KUNCI PINTU GERBANG INDEKOS MENGGUNAKAN E-KTP (ELEKTRONIK KARTU TANDA PENDUDUK) BERBASIS MIKROKONTROLLER," 2020.
- [3] E. Fadly, S. A. Wibowo, and A. P. Sasmito, "SISTEM KEAMANAN PINTU KAMAR KOS MENGGUNAKAN FACE RECOGNITION DENGAN TELEGRAM SEBAGAI MEDIA MONITORING DAN CONTROLLING," 2021.
- [4] S. Keputusan Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Ristek Dikti, M. Deteksi Dini Keamanan Perumahan Andi Setiawan, and A. Irma Purnamasari, "Pengembangan Smart Home Dengan Microcontrollers ESP32 Dan MC-38 Door Magnetic Switch Sensor Berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Meningkatkan Deteksi Dini Keamanan Perumahan," *masa berlaku mulai*, vol. 1, no. 3, pp. 451–457, 2017.
- [5] A. Ipanhar, T. K. Wijaya, and P. Gunoto, "PERANCANGAN SISTEM MONITORING PINTU OTOMATIS BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32-CAM," *Sigma Teknika*, vol. 5, no. 2, pp. 333–350.
- [6] M. F. Wicaksono and M. D. Rahmatya, "Implementasi Arduino dan ESP32 CAM untuk Smart Home," *Jurnal Teknologi dan Informasi*, doi: 10.34010/jati.v10i1.
- [7] I. T. Putra, W. K. Raharja, and M. Karjadi, "PUSH BUTTON SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS IOT," *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 23, no. 3, pp. 166–176, 2018, doi: 10.35760/tr.2018.v23i3.2466.
- [8] A. Febryan and J. Teknik Elektro, "RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS TELEGRAM MENGGUNAKAN ESP 32 CAM," vol. 15, no. 1, p. 2023.
- [9] N. A. Sutisna and H. Fauzi, "Rancang Bangun Prototipe Mesin Gravir Laser Berbasis Mikro-kontroler Arduino," 2018.
- [10] H. Puspita, "PEMBUATAN ALAT PERAGA PEMBANGKIT KODE-MORSE YANG BERFUNGSI SEBAGAI IDENTIFIKASI PANGKALAN UDARA / BANDARA UNTUK PEMANCAR VOR ATAU NDB," 2016.
- [11] H. P. Nurba, Y. Fauzi, A. G. Djatnika, and K. A. Munastha, "IMPLEMENTASI PANEL SURYA UNTUK PERANGKAT BATERAI PORTABEL," *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 7, no. 2, p. 110, Dec. 2022, doi: 10.32897/infotronik.2022.7.2.2259.



© 2025 by authors. Content on this article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license. (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).