

*Internet of Things, Embedded System*

SISTEM MONITORING AKSES RUANGAN LABORATORIUM BERBASIS INTERNET OF THINGS

(Studi Kasus : *Robotic And Embedded System Laboratory (RESLAB)* Universitas Andalas)Try Diana Yunita¹, Rizka Hadelina,^{*2}^{1,2} Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas, Kota Padang, Sumatra Barat, 25163

ARTICLE INFORMATION

Received: August 14, 2024
Revised: May 23, 2025
Available online: April 30, 2025

KEYWORDS

Sensor fingerprint, Sensor PIR, Pengelolaan akses, Sidik jari, Laboratorium

CORRESPONDENCE

E-mail: rizkahadelina@it.unand.ac.id

A B S T R A C T

The Robotic and Embedded System Laboratory at Andalas University plays a crucial role in supporting Computer Engineering students' projects. However, laboratory access management poses challenges due to the limited number of keys and less controlled access to the assistant's room. This issue leads to the risk of loss or damage to important equipment. This research aims to design a system that enhances security and monitors access to the laboratory. Two monitoring systems were designed: first, the laboratory door uses a fingerprint sensor for authentication, which unlocks a solenoid for 5 seconds; second, the assistant's room access system uses a PIR sensor for user detection and a fingerprint sensor for authentication. If unauthorized access is detected, the system will activate a buzzer and send a notification to an application. Testing includes fingerprint sensor response time, device response time, PIR detection distance, buzzer sound quality, data validation in Firebase, and device control via the application. The results show that the system can read valid fingerprints in less than 1 second and is reliable under various fingerprint conditions. The system can also detect objects from 0 to 2 meters away, provide a 101 dB sound warning with good stability, and accurately send and store data in the database with an average delay of 2.43 seconds. The system can also control the laboratory door lock via the application as long as there is an internet connection.

PENDAHULUAN

Robotic and Embedded System Laboratory merupakan salah satu laboratorium di Departemen Teknik Komputer Universitas Andalas yang bergerak dibidang robotik dan sistem tertanam. Di dalam laboratorium tersebut tersedia berbagai macam alat atau komponen yang dapat mendukung mahasiswa untuk mengerjakan proyek ataupun tugas akhir. *Robotic and Embedded System Laboratory* memiliki dua buah ruangan berupa ruangan praktikum dan ruangan khusus asisten. Ruangan praktikum digunakan untuk melaksanakan praktikum pada jadwal praktikum dan terbuka untuk mahasiswa Departemen Teknik Komputer untuk mengerjakan tugas kuliah dan tugas akhir. Sedangkan, ruangan asisten dikhususkan untuk ruang kerja asisten dan tempat menyimpan komponen yang ada di laboratorium sehingga akses ke ruangan tersebut terbatas. Kunci laboratorium, yang disediakan oleh Departemen Teknik Komputer sebanyak satu buah dan tidak dapat diduplikasi, digunakan untuk mengamankan ruangan. Namun, kendala muncul ketika kegiatan praktikum di *Robotic and Embedded System Laboratory* melebihi jam kerja Departemen, yaitu setelah

pukul 4 sore. Pada saat tersebut, kunci laboratorium diberikan kepada asisten untuk memfasilitasi kegiatan praktikum. Meskipun demikian, implementasinya mengalami hambatan serius.

Ketika asisten terakhir mengunci pintu laboratorium dan menyimpan kunci, asisten yang piket pada hari berikutnya menghadapi kesulitan koordinasi. Hal ini disebabkan oleh rotasi jadwal piket, di mana setiap asisten tidak bertugas setiap harinya. Oleh karena itu, asisten yang mengunci pintu hari sebelumnya mungkin berbeda dengan asisten yang membuka pintu laboratorium pada hari berikutnya. Akibatnya, sistem akses ke ruang laboratorium menjadi rumit dan tidak efisien.

Masalah lainnya adalah walaupun menurut tata tertib yang berlaku, ruang asisten hanya boleh diakses oleh asisten dan kepala laboratorium. Namun, terdapat kendala serius dalam manajemen akses ruangan khusus asisten. Hal ini terjadi karena ruang pribadi untuk kepala laboratorium berada terpisah sehingga akses ke ruang asisten menjadi kurang terkendali. Apabila keadaan ini dibiarkan terus menerus tanpa tindakan korektif timbul kekhawatiran serius akan muncul risiko kehilangan atau kerusakan alat dan komponen yang mendukung kelancaran

praktikum, proyek tugas besar, dan proyek tugas akhir mahasiswa Teknik komputer.

Untuk mengatasi masalah yang telah disorot sebelumnya, diperlukan penerapan sebuah sistem yang mampu mengendalikan hak akses ke ruangan laboratorium dengan lebih ketat. Sistem ini akan memungkinkan pengelolaan akses yang lebih terstruktur dan efektif dengan memastikan bahwa hanya asisten dan kepala laboratorium yang memiliki hak akses sesuai dengan kebijakan yang berlaku. Dengan mengimplementasikan solusi ini diharapkan dapat meningkatkan keamanan laboratorium dan mengurangi risiko kehilangan dan kerusakan alat serta komponen penting.

METODE

ESP 32 + *Expansion Board*

ESP 32 telah digunakan sebagai perangkat yang murah dengan konsumsi daya yang rendah. ESP 32 juga memiliki *built-in* Wi-Fi dan *Bluetooth* sehingga ESP 32 merupakan implementasi yang bagus untuk perangkat *Internet of Things* (IoT)[10]. ESP 32 menggunakan prosesor *Dual Core* yang berjalan di instruksi *Xtensa LX16* [11].



Gambar 1 ESP 32+Expansion [12]

Fingerprint Sensor

Sensor *Fingerprint* menggunakan sistem optikal dimana pendeteksian dilakukan dengan pembacaan kontur sidik jari dan listrik statis tubuh[17]. E. Henry menggunakan sistem sidik jari pada tahun 1902 menggunakan desain tepi kulit dan terpaku pada desain jari terutama telunjuk. Menurut Iqbal (2004), Sidik jari terdiri dari pola alur (ridge) dan lembah (valley) yang unik untuk setiap individu[18].



Gambar 2 Adafruit Fingerprint Sensor [19]

Sensor PIR

Sensor PIR umumnya digunakan untuk mendeteksi gerakan dengan mengukur setiap perubahan yang dipancarkan oleh objek. Perangkat *Pyroelectric* memiliki elemen yang terbuat dari bahan kristal sehingga menghasilkan arus listrik ketika terjadi radiasi

infrared. *Output* sensor biasanya menjadi tinggi ketika mendeteksi pergerakan [20]. Tubuh manusia dan binatang dapat memancarkan radiasi inframerah terkuat yaitu dengan panjang gelombang 9,4 μm [7].



Gambar 3 Sensor PIR [8]

Solenoid Door Lock

Menurut Asad et al., (2015) kunci adalah perangkat mekanik atau elektrik yang dikendalikan oleh suatu objek fisik (seperti kunci, kartu, sidik jari, kartu RFID dan token keamanan) yang berisi informasi rahasia. Menurut Guntoro et al., (2013:40) solenoid elektro mekanik bekerja ketika diberi tegangan 12V[23].



Gambar 4 Solenoid Door Lock [24]

Buzzer SFB-55

Buzzer SFB-55 merupakan salah satu jenis alarm *buzzer* yang memiliki *output* suara yang cukup tinggi. Dengan menggunakan jenis *buzzer* ini diharapkan akan memberi peringatan dengan suara yang cukup tinggi kepada mahasiswa yang mengakses ruang asisten dengan tidak sah.



Gambar 5 Buzzer SFB-55[9]

Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan *software* yang digunakan untuk membuat sketch program yang berguna untuk mengedit, membuat, meng-*upload* ke *board* yang ditentukan dan membuat kodingan program tertentu[26]. Arduino IDE dapat digunakan sebagai lingkungan untuk memrogram ESP 32 dengan menghubungkan *board* ESP 32 melalui *port* pada komputer.



Gambar 6 Arduino IDE [26]

Android Studio

Android studio merupakan perangkat lunak pengembang aplikasi android yang didalamnya terdapat *Software Development Kit* (SDK). Perangkat lunak ini memiliki fitur alat pengujian, rancangan kerja ekstensif, impor kode program, *template code* yang terintegrasi dengan GitHub, *instant run* untuk melakukan pembaruan pada aplikasi yang sedang berjalan, *emulator* untuk menjalankan aplikasi, sistem versi berbasis *gradle*, *Visual Layout Editor* yang memungkinkan pengembang dapat melakukan pengembangan berorientasi visual, dan *APK Analyzer* yang bertugas menjelaskan komposisi APK (Developer, 2020)[27].



Gambar 7 Android Studio [28]

Firestore

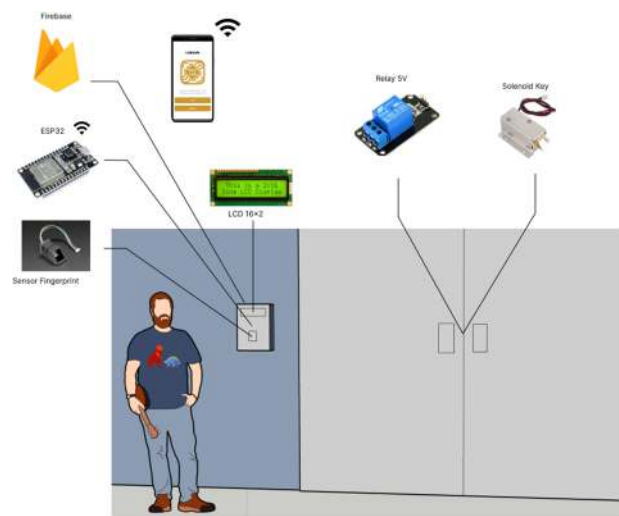
Firestore Realtime Database adalah *database* yang di-hosting di *cloud*. Data disimpan sebagai JSON dan disinkronkan secara realtime dengan setiap klien yang terhubung. Ketika ingin mem-build aplikasi lintas platform dengan SDK platform Apple, Android, dan JavaScript, semua klien akan menggunakan satu instance Realtime Database yang sama dan menerima perubahan data terbaru secara otomatis.

Firestore dapat memperbaharui data secara *real-time* melalui internet dan menyinkronkan setiap klien yang terhubung. ESP 32 dan pemrograman berbasis mobile android dapat diintegrasikan dengan *firebase* dalam implementasi *Internet of Things*[28].



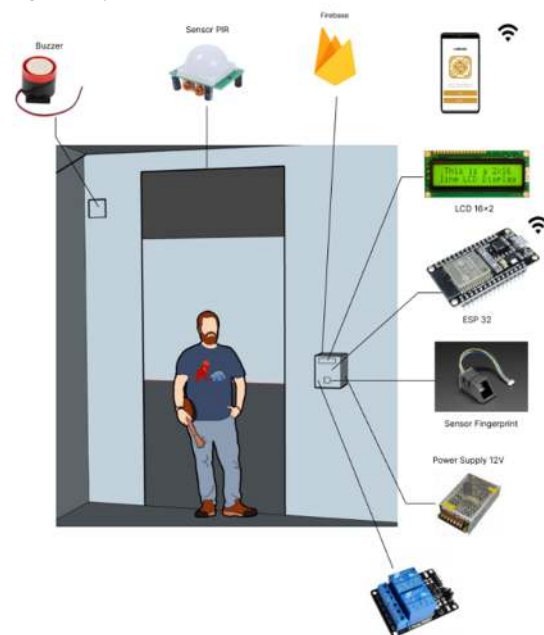
Gambar 8 Firebase [28]

Rancangan Umum Sistem



Gambar 9 Rancangan Umum Sistem Pintu Laboratorium

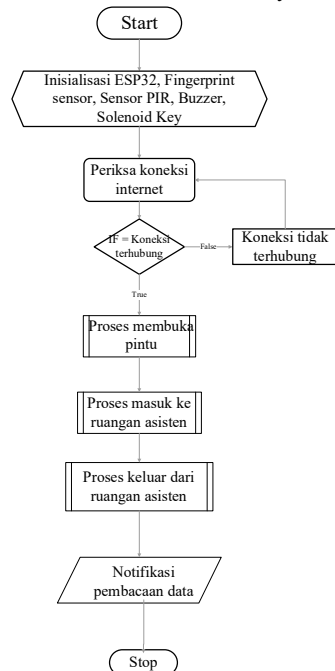
Gambar 9 menunjukkan sistem kunci laboratorium yang terhubung dengan aplikasi untuk memberikan notifikasi terkait status pintu laboratorium. ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler dan client yang mengirimkan data input ke Firebase. Sensor fingerprint bertindak sebagai input, membandingkan data sidik jari dengan yang telah tersimpan, dan membuka kunci jika cocok. Saat pintu terbuka, sistem kedua aktif, memungkinkan sensor fingerprint dan PIR menerima input. Data yang dikirim ke Firebase ditampilkan di aplikasi, memungkinkan pengguna untuk melihat siapa yang membuka dan mengunci pintu. Pengguna harus mendaftar di aplikasi untuk mengaksesnya.



Gambar 10 Rancangan Umum Sistem Pintu Ruang Asisten

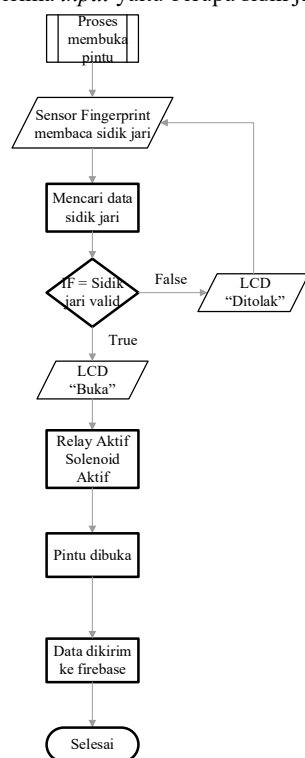
Gambar 10 menunjukkan bahwa sistem kedua berada di dalam ruangan asisten, sehingga hanya asisten atau pengguna teridentifikasi yang dapat mengaksesnya. Sensor PIR dipasang di atas pembatas ruangan untuk menghindari kesalahan deteksi, dengan area pandang 110 derajat. Sistem ini menggunakan *buzzer* sebagai alarm untuk memperingatkan pengguna yang tidak teridentifikasi saat mengakses ruangan. Data dari sensor

fingerprint dan PIR ditampilkan di aplikasi, dan notifikasi peringatan akan dikirim saat *buzzer* berbunyi.



Gambar 11 Flowchart Proses Secara Umum

Pada Gambar 11 diperlihatkan bahwa sistem yang akan dirancang menggunakan ESP 32 sebagai mikrokontroler, sensor *fingerprint* dan sensor PIR sebagai *input*. Pada rancangan proses ini sistem memiliki tiga subproses yaitu proses saat pintu terbuka, proses masuk ke ruangan asisten dan proses keluar dari ruangan asisten. Sebelum masuk ke subproses pertama alat harus memeriksa koneksi internet karena memakai ESP 32. Jika koneksi tidak terhubung maka alat akan terus menghubungkan koneksi ke jaringan yang tersedia. Jika koneksi telah terhubung maka alat akan dapat menerima *input* yaitu berupa sidik jari.

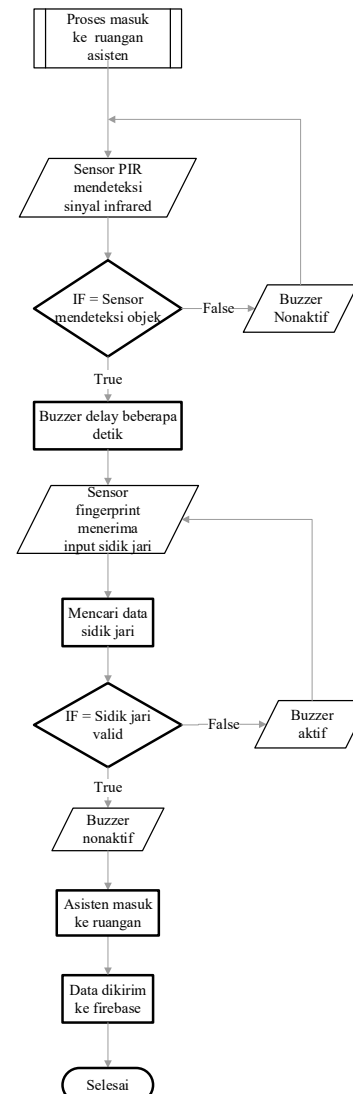


Gambar 12 Flowchart Membuka Pintu Laboratorium

Gambar 12. *Flowchart* Membuka Pintu Laboratorium

Pada subproses ini sensor *fingerprint* akan membaca sidik jari yang telah didaftarkan terlebih dahulu. Jika sidik jari tidak valid maka LCD akan menampilkan status “Ditolak” dan sidik jari harus dimasukkan kembali. Namun Jika sidik jari valid maka LCD akan menampilkan status “Buka” yang menandakan laboratorium sudah dalam kondisi buka. Saat status “Buka” tampil maka sensor fingerprint dan sensor PIR yang berada di dekat pintu ruang asisten akan hidup. Hal ini menandakan bahwa Alat akan bekerja jika asisten laboratorium sudah berada di laboratorium.

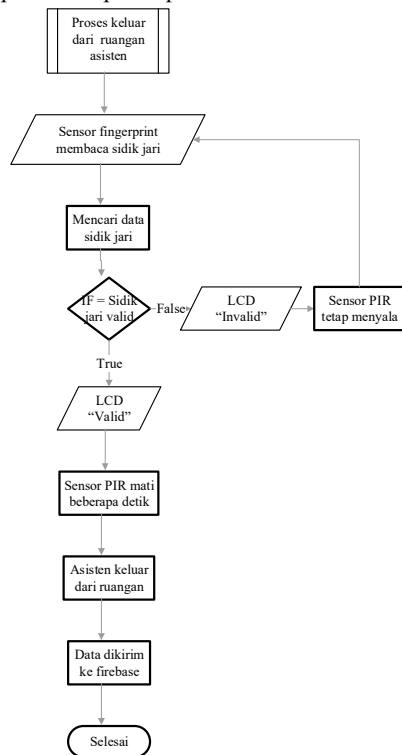
Pada Gambar 12 dijelaskan bahwa *relay* akan aktif dan kunci solenoid akan aktif sehingga pintu laboratorium akan terbuka. Saat pintu terbuka maka data sidik jari asisten yang mengakses sensor *fingerprint* akan dikirim ke *firebase* dan akan tampil di aplikasi *mobile*.



Gambar 13 Flowchart Masuk Ruangan Asisten

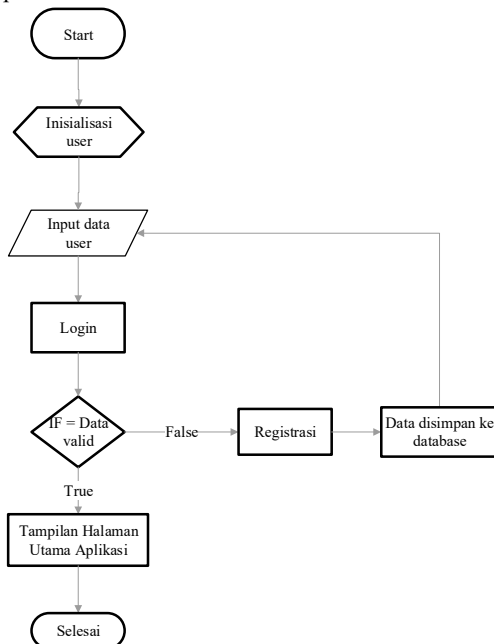
Pada *Flowchart* dijelaskan bahwa saat asisten ingin memasuki ruangan maka sensor PIR mendeteksi terlebih dahulu objek dan *buzzer* akan *delay* selama beberapa detik. Durasi waktu *delay* akan ditentukan dengan menghitung rata-rata waktu pembacaan sensor PIR sampai pembacaan *input* sidik jari berhasil atau valid. Untuk mematikan *buzzer* maka asisten harus memasukkan sidik jari dengan jeda waktu tidak lebih dari waktu *delay*. Apabila jeda waktu lebih dari waktu *delay* maka *buzzer*

akan berbunyi dan asisten atau pengguna akan diberikan kesempatan untuk memasukkan sidik jari sampai berhasil. Apabila proses identifikasi telah berhasil maka asisten dapat masuk ke ruangan asisten dan data akan dikirim ke *firebase*. Data tersebut dapat dilihat pada aplikasi *mobile*.



Gambar 14 Flowchart Keluar Ruangan Asisten

Pada *flowchart* dijelaskan bahwa saat ingin keluar dari ruangan asisten maka asisten harus mengidentifikasi sidik jari terlebih dahulu. Apabila sidik jari benar maka sensor PIR akan mati selama beberapa detik dan asisten dapat keluar dari ruangan tersebut. Apabila identifikasi gagal maka sensor PIR akan tetap menyala dan asisten harus memasukkan sidik jari kembali sampai sidik jari teridentifikasi oleh sistem. Data sidik jari yang telah berhasil diidentifikasi akan dikirim ke *firebase* dan dapat dilihat pada aplikasi *mobile*.

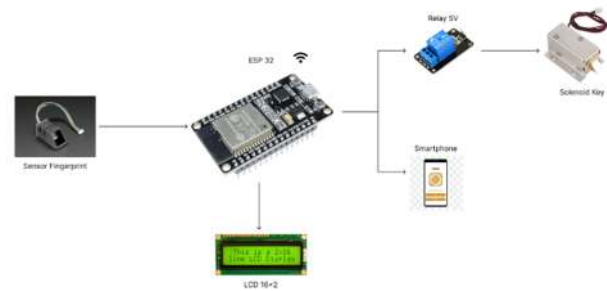


Gambar 15 Flowchart Aplikasi Mobile

Pada *flowchart* dijelaskan bahwa aplikasi *mobile* dapat digunakan jika pengguna sudah melakukan registrasi dan *login* pada aplikasi tersebut. Jika data *login* benar maka aplikasi akan mengarahkan pengguna ke halaman utama. Di halaman utama terdapat beberapa fitur antara lain halaman *Home*, halaman *Data* dan halaman *Profile*. Pengguna yang diberi hak akses oleh admin untuk mengontrol alat dari jarak jauh dapat melihat halaman *Control*. Kontrol jarak jauh sendiri bertujuan agar saat liburan akhir tahun atau libur akhir semester laboratorium dapat ditutup dan tidak ada yang dapat mengakses sekalipun asisten. Kontrol jarak jauh sendiri akan diberikan kepada pengguna dengan jabatan Kepala Laboratorium.

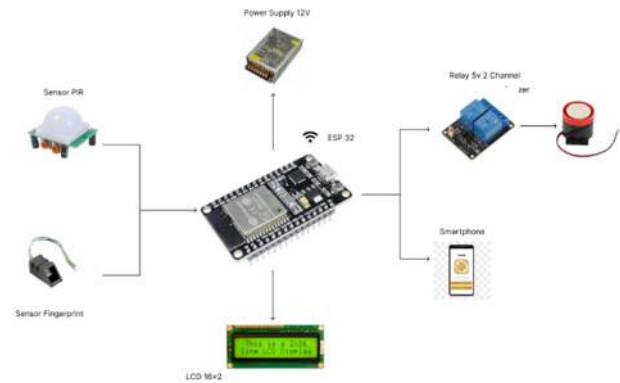
Rancangan Perangkat Keras

Hubungan dari semua komponen yang digunakan pada sistem keamanan laboratorium digambarkan dalam rancangan perangkat keras. Rancangan perangkat keras sistem pintu laboratorium dan sistem ruang asisten memiliki proses yang berbeda dengan dua ESP 32 sehingga digunakan dua rancangan perangkat keras.



Gambar 16 Rancangan Perangkat Keras Pintu Laboratorium

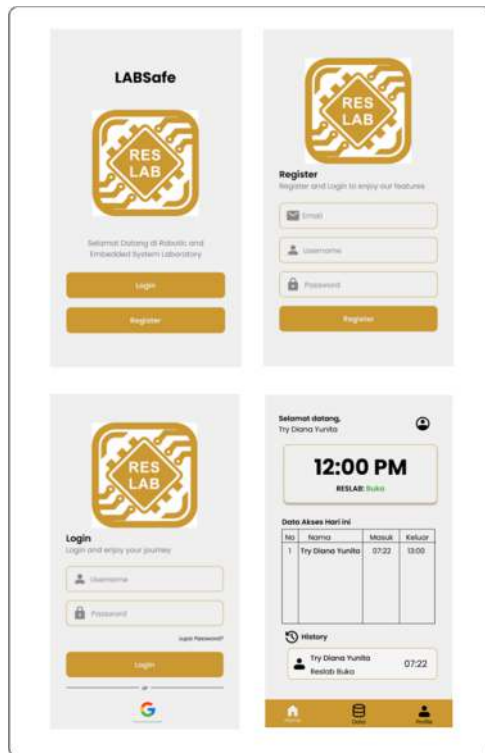
Gambar 16 merupakan komponen-komponen yang terdapat pada sistem pintu laboratorium terdiri dari ESP 32, sensor fingerprint, Relay 5V, kunci solenoid dan LCD 16x2.



Gambar 17 Rancangan Perangkat Keras Ruang Asisten

Gambar 17 merupakan komponen-komponen yang terdapat pada sistem ruang asisten terdiri dari ESP 32, sensor *fingerprint*, sensor PIR, power supply 12, relay 5V, *buzzer* dan LCD 16x2.

Rancangan Perangkat Lunak



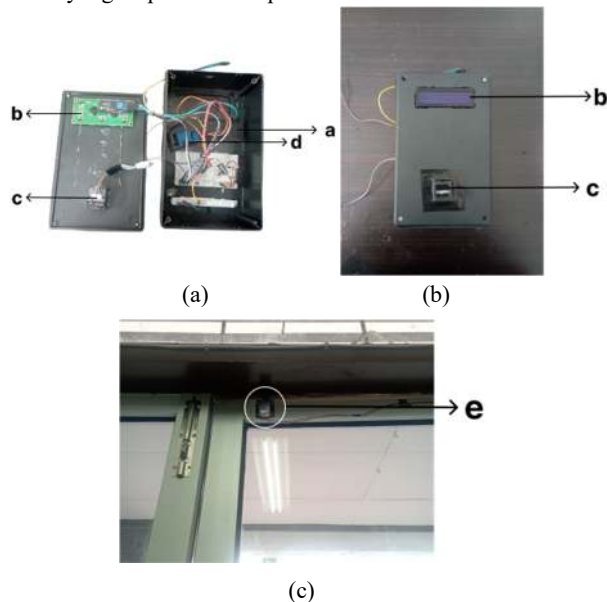
Gambar 18 Rancangan Perangkat Lunak

Pada aplikasi ini terdapat halaman-halaman antara lain awal, halaman registrasi, halaman login dan halaman *Home*.

HASIL DAN DISKUSI

Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras yang akan diimplementasikan berupa ESP 32, sensor *fingerprint*, modul *relay* 5v, kunci solenoid, *push button*, sensor PIR dan *buzzer*. Implementasi perangkat keras memiliki dua bagian sistem yaitu sistem 1 untuk membuka pintu laboratorium dan sistem 2 untuk mengontrol akses ke ruangan asisten yang dapat dilihat pada Gambar 19 dan Gambar 20.



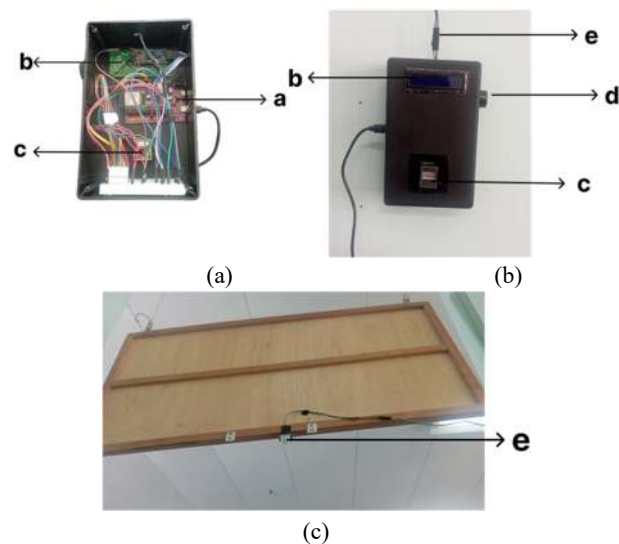
Gambar 19 a) Rangkaian Implementasi Sistem Pintu Laboratorium, (b) Tampak Luar, (c) Peletakan Kunci Solenoid

Keterangan Gambar 19:

- ESP 32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama dari sistem.
- LCD 16x2 berfungsi untuk menampilkan status pada sistem.
- Sensor *Fingerprint* berfungsi sebagai *input* pada sistem untuk membaca sidik jari.
- Modul *Relay* 5v berfungsi sebagai otomatisasi kunci solenoid untuk membuka dan menutup pintu.

Kunci Solenoid berfungsi sebagai *output* dari sistem untuk membuka dan mengunci pintu.

Gambar 19 menunjukkan implementasi sistem pintu laboratorium. Awalnya, rancangan tidak mencantumkan *push button*, namun dalam implementasinya, *push button* digunakan untuk membuka kunci solenoid dari dalam laboratorium. Pin sensor fingerprint diubah dari RX dan TX ke pin 25 dan 26 untuk menghindari *error*. Solenoid key yang awalnya dirancang aktif selama 8 jam kini hanya diaktifkan selama 5 detik untuk mencegah panas berlebih, dan pintu akan terkunci kembali setelah itu. *Push button* digunakan untuk membuka kembali kunci selama 5 detik. Dioda dan *step down* ditambahkan untuk mencegah lonjakan tegangan dan menyesuaikan tegangan untuk ESP32.



Gambar 20 (a) Rangkaian Implementasi Sistem Pintu Ruang Asisten, (b) Tampak luar, (c) Peletakan Sensor PIR

Keterangan Gambar 20:

- ESP 32 + Expansion Board berfungsi sebagai mikrokontroler utama dari sistem.
- LCD 16x2 berfungsi untuk menampilkan status yang terjadi pada sistem.
- Sensor *Fingerprint* berfungsi sebagai *input* untuk membaca sidik jari.
- Buzzer* berfungsi sebagai *output* untuk memberikan peringatan berupa suara.
- Sensor PIR berfungsi sebagai *input* untuk mendeteksi objek yang melewati sensor.

Gambar 20 menunjukkan implementasi sistem pintu ruang asisten yang memiliki dua proses: masuk dan keluar. Untuk masuk, sensor PIR mendeteksi keberadaan pengguna dan memberikan 5 detik untuk memasukkan sidik jari pada sensor fingerprint; jika tidak, buzzer akan berbunyi. Untuk keluar, sidik

<https://doi.org/10.25077/chipset.6.01.86-93.2025>

jari yang valid diperlukan untuk menonaktifkan sensor PIR selama 5 detik agar pintu terbuka. Perubahan terjadi pada penggunaan relay, yang diubah dari 2 channel menjadi 1 channel untuk mengontrol sensor PIR saja. Awalnya, sistem pintu laboratorium dan ruang asisten dirancang untuk terintegrasi, namun dalam implementasinya, keduanya berfungsi sebagai sistem terpisah.

Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak pada sistem monitoring akses ruangan laboratorium terdiri atas dua bagian yaitu implementasi program ESP 32 menggunakan aplikasi Arduino IDE dan implementasi perangkat lunak berupa aplikasi monitoring. Implementasi dilakukan berdasarkan flowchart dari sistem.

1. Mendaftarkan Sidik Jari

```

Sidik_jari.ino  Adafruit_Fingerprint.h
78 Serial.println("1) Enroll fingerprint");
79 Serial.println("2) Search fingerprint by ID");
80 Serial.println("3) Delete fingerprint");
81 Serial.println("-----");
82 Serial.println("Choose an option (1/2/3):");
83
84 while (!Serial.available());
85 char option = Serial.read();
86
87 if (option == '1') {
88   Serial.println("Ready to enroll a fingerprint!");
89   Serial.println("Please type in the ID # (from 1 to 127) you want to save this finger as...");
90   id = readNumber();
91   if (id == 0) { // ID #0 not allowed, try again!
92     return;
93   }
94   Serial.print("Enrolling ID #");
95   Serial.println(id);
96   while (!getFingerprintEnroll());
97   } else if (option == '2') {
98   Serial.println("Please enter the ID # of the fingerprint to search");
99   id = readNumber();
100  searchFingerprint(id);
101  } else if (option == '3') {
102  Serial.println("Please enter the ID # of the fingerprint to delete");
103  id = readNumber();
104  }

```

Gambar 21 Pendaftaran Sidik Jari

Pada Gambar 21 dapat dilihat bahwa fungsi void loop() pada kodingan Sidik_jari memberikan 3 kondisi yaitu jika pengguna memilih angka 1 maka akan dilakukan pendaftaran sidik jari, jika pengguna memilih angka 2 maka akan dilakukan pencarian sidik jari dan jika pengguna memilih angka 3 maka akan dilakukan penghapusan sidik jari.

2. Proses Membuka Pintu Laboratorium

```

uint8_t getFingerprintID() {
  startTime = millis();

  uint8_t p = finger.getImage();
  if (p != FINGERPRINT_OK) {
    return p;
  }

  p = finger.image2Tz();
  if (p != FINGERPRINT_OK) {
    return p;
  }

  p = finger.fingerFastSearch();
  if (p != FINGERPRINT_OK) {
    uint8_t fingerprintID = finger.fingerID;
    String tanggalWaktu = getTanggalWaktu();

    Serial.print("Found ID #"); Serial.print(finger.fingerID);
    Serial.print(" with confidence of "); Serial.println(finger.confidence);
    endTime = millis();
    waktuBaca();
    return FINGERPRINT_OK;
  }
}

```

Gambar 22 Fungsi Pencarian Sidik Jari

Gambar 22 merupakan implementasi program untuk mencari data sidik jari yang telah tersimpan pada sensor Fingerprint. Pada Gambar sidik jari yang dimasukkan akan dicocokkan dengan gambar sidik jari yang telah tersimpan menggunakan fungsi finger.getImage(). Apabila gambar sidik jari cocok maka program

akan menampilkan ID sidik jari dengan fungsi finger.fingerID serta menyatakan tingkat kesamaan sidik jarinya dengan fungsi finger.confidence.

```

288
289 void unlockSolenoid(){
290   getAppState();
291
292   if(status){
293     digitalWrite(solenoidPin, HIGH);
294     Serial.println("Unlocked");
295     currentLockState = true;
296     lockState(true);
297   }else{
298     lcd.clear();
299     lcd.setCursor(0, 0);
300     lcd.print("Tidak ada akses");
301     Serial.print("Tidak ada akses");
302     delay (2000);
303     lcd.clear();
304   }
305 }
306
307 void lockSolenoid(){
308   digitalWrite(solenoidPin, LOW);
309   Serial.println("Locked");
310   currentLockState = false;
311   lockState(false);
312 }

```

Gambar 23 Fungsi Solenoid Door Lock

Gambar 23 menunjukkan fungsi kunci solenoid untuk membuka dan menutup pintu. Fungsi unlockSolenoid() mengambil kondisi dari Firebase untuk menentukan apakah akses diperbolehkan. Jika diizinkan, fungsi ini mengaktifkan solenoid, dan jika tidak, LCD 16x2 menampilkan pesan "Tidak ada akses." Fungsi lockSolenoid() digunakan untuk mengunci pintu dengan mengatur solenoid ke posisi LOW dan mengubah status kunci menjadi false, yang juga diperbarui di Firebase. Fungsi ini berfungsi sebagai default, menjaga pintu tetap terkunci jika tidak ada sidik jari yang valid.

3. Proses Masuk Ruang Asisten

```

303 void loop() {
304   if (digitalRead(sensorPin) == HIGH) {
305     // Beri sin yal bunyi pendek
306     digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
307     delay(500);
308     digitalWrite(buzzerPin, LOW);
309     handleEntering();
310   } else{
311     setDefaultDisplay();
312   }
313
314   if (!alarmMode && getFingerprintID() == FINGERPRINT_OK) {
315     handleExiting();
316   }
317   if (alarmMode) {
318     digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
319     fingerprintResult = getFingerprintID();
320     if (fingerprintResult == FINGERPRINT_OK) {
321       alarmMode = false;
322       digitalWrite(buzzerPin, LOW);
323       displayLCD("Alarm Stopped", "By ID #" + String(finger.fingerID));
324       uploadData(finger.fingerID, getTanggalWaktu(), "Alarm On");
325       delay(2000);
326       setDefaultDisplay();
327     }
328   }
}

```

Gambar 24 Fungsi Loop Pada Ruang Asisten

Gambar 4.7 merupakan fungsi void loop() pada sistem akses ruang asisten. Pada fungsi ini diberikan tiga kondisi yaitu jika sensor PIR mendeteksi objek maka buzzer akan berbunyi selama 0.5 detik kemudian memanggil fungsi handleEntering. Jika buzzer tidak berbunyi dan menerima input sidik jari maka sistem akan memanggil fungsi handleExiting dan jika buzzer berbunyi maka sistem harus menerima sidik jari untuk mematikan buzzer.

```
241 void handleEntering(){
242   if (millis() - lastMotionTime > MOTION_TIMEOUT) {
243     lastMotionTime = millis();
244     displayLCD("Motion Detected!", "Verify in 5 sec");
245     Serial.println("Motion Detected!");
246
247     unsigned long verificationStartTime = millis();
248     while (millis() - verificationStartTime < MOTION_TIMEOUT) {
249       fingerprintResult = getFingerprintID();
250       if (fingerprintResult == FINGERPRINT_OK) {
251         isFingerprint_Verified = true;
252         displayLCD("Access Granted", "Welcome");
253         uploadData(finger.fingerID, getTanggalWaktu(), "Entering");
254         return;
255       }
256       delay(100);
257     }
258
259     // Jika tidak ada verifikasi dalam 5 detik
260     alarmMode = true;
261     alarmStartTime = millis();
262     displayLCD("Alarm On!", "Verify to stop");
263   }
}
```

Gambar 25 Fungsi Masuk Ruang Asisten

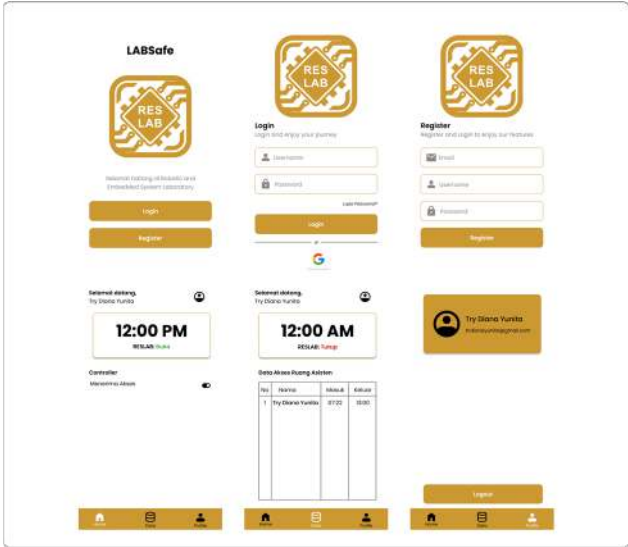
Gambar 25 merupakan fungsi untuk masuk ke ruangan asisten yang akan dipanggil jika sensor PIR mendeteksi objek. Pada fungsi getFingerprinID() akan dipanggil untuk mencocokkan sidik jari yang dimasukkan dengan sidik jari yang telah terdaftar. Jika sidik jari benar maka LCD akan menampilkan status “Access Granted” dan buzzer tetap mati.

4. Proses Keluar Ruang Asisten

```
267 void handleExiting(){
268   displayLCD("Exit Verified", "You may leave now");
269   uploadData(finger.fingerID, getTanggalWaktu(), "Exit");
270   digitalWrite(sensorPin, LOW);
271   delay(5000); // Beri waktu 5 detik untuk keluar
272   digitalWrite(sensorPin, HIGH);
273   isFingerprint_Verified = false; // Reset status
274   setDefaultDisplay();
275 }
```

Gambar 26 Fungsi Keluar Ruang Asisten

Gambar 26 merupakan fungsi untuk keluar ruangan asisten yang akan dipanggil saat kondisi buzzer tidak aktif dan sistem input sidik jari. Jika kondisi tersebut terpenuhi maka data akan dikirim ke firebase dan sensor akan mati selama 5 detik.



Gambar 27 Tampilan Halaman Aplikasi

Gambar 27 merupakan tampilan aplikasi berupa halaman awal, halaman register untuk melakukan pendaftaran pengguna, halaman login untuk masuk ke aplikasi, halaman Home untuk melakukan pengontrolan kepada sistem, Halaman Data untuk melihat data akses berdasarkan tanggal dan Halaman Profile untuk melihat profil dan logout dari aplikasi.

Pengujian dan Analisa Fungsional Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan masing-masing komponen yang digunakan.

No	Kegiatan	Skenario	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Registra si pengguna	Pengguna melakukan registrasi melalui aplikasi dengan mendaftarkan <i>email</i> , <i>username</i> dan <i>password</i> .	Data pengguna disimpan pada aplikasi. 	Berhasil
2	Penggun a masuk ke aplikasi	Pengguna login melalui aplikasi dengan memasukkan <i>email</i> dan <i>password</i>	Pengguna dapat masuk menggunakan email yang telah terdaftar. 	Berhasil
3	Memasu kkan sidik jari	Pengguna memasukkan sidik jari valid pada sistem pintu laboratorium	Sidik jari valid terbaca dan LCD menampilkan ID pengguna. 	Berhasil
4	Pintu terbuka	Kunci Solenoid membuka selama 5 detik dan pengguna masuk ke ruangan laboratorium	Pintu laboratorium terbuka dan LCD menampilkan status "Unlocked". 	Berhasil
5	Masuk ke ruangan asisten	Sensor PIR mengidentifikasi objek	Buzzer berbunyi 0.5 detik dan LCD menampilkan status "Motion Detected".	Berhasil

No	Kegiatan	Skenario	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
				
6	Memasukkan sidik jari	Pengguna memasukkan sidik jari valid pada sistem ruang asisten	Sidik jari valid terbaca dan LCD menampilkan status "Access Granted". 	Berhasil
7	Tidak memasukkan sidik jari	Pengguna tidak memasukkan sidik jari saat masuk ke ruang asisten dan buzzer berbunyi	Buzzer berbunyi hingga sidik jari valid dimasukkan dan notifikasi diterima oleh pengguna. 	Berhasil
8	Keluar dari ruangan asisten	Pengguna memasukkan sidik jari valid untuk mematikan sensor PIR selama 5 detik	Sensor PIR mati selama 5 detik dan pengguna meninggalkan ruangan serta LCD menampilkan status "Exit". 	Berhasil
9	Menekan push button	Pengguna menekan push button untuk membuka pintu laboratorium	Push button ditekan dan pintu terbuka selama 5 detik.	Berhasil
10	Pintu tertutup	Kunci Solenoid tertutup	Pintu terkunci dan LCD menampilkan status "Locked". 	Berhasil

No	Kegiatan	Skenario	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
11	Mengatur akses pintu laboratorium	Pengguna menekan tombol switch pada aplikasi untuk mengatur akses pintu laboratorium untuk tidak menerima akses	Pintu laboratorium tidak bisa terbuka walaupun sidik jari valid dimasukkan dan LCD menampilkan status "Tidak ada akses". 	Berhasil
12	Melihat Riwayat akses	Pengguna membuka halaman data dan melihat Riwayat akses sesuai dengan tanggal yang diinginkan.	Data dapat dilihat oleh pengguna. 	Berhasil

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian serta analisa terkait sistem pendeteksi keretakan struktur jembatan menggunakan pengolahan citra digital berbasis IoT ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Sistem yang dirancang dapat membaca sidik jari valid kurang dari 1 detik dan lebih dari 1 detik pada sidik jari yang tidak valid serta sensor *fingerprint* cukup andal dalam membaca sidik jari dengan berbagai kondisi.
2. Sistem pintu laboratorium memiliki waktu respon rata-rata yang lebih singkat 5835 ms daripada sistem akses ruangan asisten.
3. Sistem yang dirancang dapat mendeteksi objek dari jarak peletakan sensor sampai ke dasar lantai dengan jarak 0 sampai 2 meter.
4. Sistem yang dirancang dapat memberikan peringatan suara yang tinggi sebesar 101db dengan stabilitas suara yang bagus selama 60s.
5. Sistem dapat mengirim dan menyimpan data yang benar ke *database* dengan rata-rata *delay* 2.43 dan rata-rata kecepatan jaringan 12.67 Mbps.
6. Sistem dapat mengontrol keadaan kunci pintu laboratorium dari aplikasi selama ada koneksi internet.

SARAN

Berdasarkan hasil pengujian serta analisa terkait sistem pendeteksi keretakan struktur jembatan menggunakan

pengolahan citra digital berbasis IoT ini, terdapat beberapa saran terkait penelitian selanjutnya agar menjadi sistem yang lebih baik sebagai berikut:

1. Pendaftaran sidik jari pada sistem ini masih didaftarkan melalui Arduino IDE, untuk perancangan selanjutnya sebaiknya sidik jari dapat didaftarkan melalui aplikasi.
2. Sensor *fingerprint* memiliki sensitifitas terhadap tegangan dan pin pada ESP 32, untuk itu perhatikan penggunaan pin dan tegangan pada ESP 32 untuk sensor *fingerprint* agar sensor dapat tersambung ke sistem.
3. Sistem akses ruang asisten dapat dioptimalkan dengan penambahan kamera sebagai proses identifikasi wajah agar saat ada akses yang tidak sah sistem dapat mengetahui identitas pengakses.

REFERENSI

- [1] R. Ulya and Y. F. Octavia, "Analisis Pengaruh Lingkungan Kerja, Kepuasan dan Beban Kerja terhadap Kinerja Karyawan Jepun Klinik Kuripan Lombok Barat," *Kompeten: Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*, vol. 1, no. 5, pp. 206–214, Mar. 2023, doi: 10.57141/kompeten.v1i5.31.
- [2] J. Teknik Komputer and U. Andalas, "Tata tertib Reslab 2022-2023," Robotic and Embedded System Laboratory. Accessed: Jan. 23, 2024. [Online]. Available: https://drive.google.com/file/d/1IPK-ciKfx18POWUoGdJFE2euVvaxsJe_/view
- [3] R. Suwartika and G. Sembada, "Perancangan Sistem Keamanan Menggunakan Solenoid Door Lock Berbasis Arduino Uno pada Pintu Laboratorium di PT. XYZ," *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, vol. 4, no. 1, pp. 62–74, Jun. 2020, doi: 10.37339/e-komtek.v4i1.217.
- [4] A. Mubarak, I. Sofyan, A. A. Rismayadi, and I. Najiyah, "Sistem_Keamamanan_Rumah_Menggunakan_RFID_S," *Jurnal Informatika*, vol. 5, no. 1, pp. 137–144, Apr. 2018.
- [5] G. Rizkya Safri, D. Irawan, and R. Puji Astutik, "Penerapan Liveness Sebagai Anti-Spoofing Citra Digital Pada Sistem Keamanan Akses Kontrol Ruang Server Berbasis Raspberry Pi".
- [6] R. A. Tilasefana and R. E. Putra, "Penerapan Metode Deep Learning Menggunakan Algoritma CNN Dengan Arsitektur VGG NET Untuk Pengenalan Cuaca," *Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 05, 2023.
- [7] B. Prima, "Perancangan Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Sensor Pir (Passive Infra Red) Berbasis Mikrokontroler".
- [8] Components 101, "HC-SR501 (PIR) Sensor," Components 101. Accessed: Jan. 23, 2024. [Online]. Available: <https://components101.com/sensors/hc-sr501-pir-sensor>
- [9] rcscomponents, "Buzzer SFB-55." Accessed: Jan. 23, 2024. [Online]. Available: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/SFB-55-I-12V.pdf>
- [10] I. Ahmed Abed and H. Yasir Naser, "ESP32 Microcontroller Based Smart Power Meter System Design and Implementation," 2020. [Online]. Available: <https://rengj.mosuljournals.com>
- [11] H. Kusumah and R. A. Pradana, "Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler Dan Internet Of Things Berbasis Esp32 Pada Mata Kuliah Interfacing". 2019
- [12] I. Rifky, "Mikrokontroler ESP32," Universitas Raharja. Accessed: Dec. 26, 2023. [Online]. Available: <https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-2/>
- [13] Espressif Inc, "ESP32WROOM32 Datasheet," 2023. [Online]. Available: <https://www.espressif.com/en/support/download/documents>
- [14] P. A. W. Widyatmika, N. P. A. W. Indrawati, W. W. A. Prastya, K. Darminta, G. N. Sangka, and A. A. N. G. Sapteka, "Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan".
- [15] 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.
- [16] A. Imran and M. Rasul, "Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32," 2020.
- [17] M. Adam, "Pemanfaat Mikrokontroler Atmega8 Sebagai Pengaman Pintu Menggunakan Metode Sidik Jari (Fingerprint)," vol. 1, no. 1, pp. 279–289, 2019, doi: 10.30596/snk.v1i1.3629.
- [18] Andi Zulkifli Nusri and Ashar Alimuddin, "Rancang Bangun Security Door Lock Menggunakan Fingerprint Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Teknik Informatika (JISTI)*, vol. 5, no. 1, pp. 23–28, Apr. 2022, doi: 10.57093/jisti.v5i1.105.
- [19] "Adafruit Optical Fingerprint Sensor Created by lady ada," 2023. [Online]. Available: <https://learn.adafruit.com/adafruit-optical-fingerprint-sensor>
- [20] U. Sanikommu, "Pir sensor based security system," *Annals of Robotics and Automation*, pp. 022–024, Dec. 2020, doi: 10.17352/ara.000006.
- [21] R. Toyib, I. Bustami, D. Abdullah, T. Informatika, F. Teknik, and U. Muhammadiyah Bengkulu, "Penggunaan Sensor Passive Infrared Receiver (Pir) Untuk Mendeteksi Gerak Berbasis Short Message Service Gateway," 2019. [Online]. Available: www.ejournal.unib.ac.id/index.php/pseudocode
- [22] M. Reza Hidayat, B. Septiana Sapudin, T. Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani, and T. Elektro Sekolah Tinggi Teknik-PLN, "Perancangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis Iot Dengan NodeMCU Esp8266 Menggunakan Sensor Pir Hc-Sr501 Dan Sensor Smoke Detector," vol. 7, no. 2, 2018.
- [23] A. Rozaq, D. Irawan, and Y. A. Surya, "Sistem Keamanan Rumah Menggunakan RFID dan Keypad Matrix Dengan One Time Pad," *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, vol. 5, no. 1, p. 47, Jun. 2023, doi: 10.30595/jrre.v5i1.17559.
- [24] C.B.Electronics, "Solenoid Key 12V." Accessed: Dec. 26, 2023. [Online]. Available: <https://cb-electronics.com/products/solenoid-key-12v/>

- [25] B. I. Putri, "Pencegahan Gangguan Pendengaran Akibat Bising pada Anak dan Remaja," *GALENICAL : Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Mahasiswa Malikussaleh*, vol. 2, no. 4, p. 103, Aug. 2023, doi: 10.29103/jkkmm.v2i4.12122.
- [26] U. Mahanin Tyas, A. Apri Buckhari, P. Studi Pendidikan Teknologi Informasi, and P. Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, "Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital," 2023.
- [27] I. Ilhamsyah, A. Putra Kharisma, and N. Yudistira, "Pengembangan Aplikasi Manajemen Tugas berbasis Android (Studi pada CV. Cheleron Production)," 2021. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [28] I. Nyoman, B. Hartawan, and W. Sudiarsa, "ANALISIS KINERJA INTERNET OF THINGS BERBASIS FIREBASE REAL-TIME DATABASE," Online, 2019. [Online]. Available: <http://jurnal.stiki-indonesia.ac.id/index.php/jurnalresistor>