

Blend Sains Jurnal Teknik

<https://jurnal.ilmubersama.com/index.php/blendsains>

LETTER OF ACCEPTANCE (LoA)

1980/LoA/BlendSains/VIII/2026

Kepada Yth Bpk/Ibu/Sdr

Hanifah Hanim, Aulia Syarif Aziz*

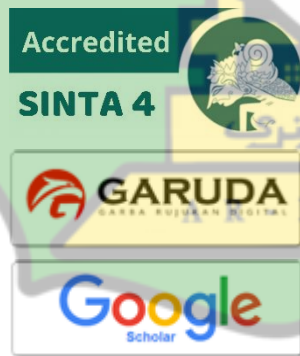
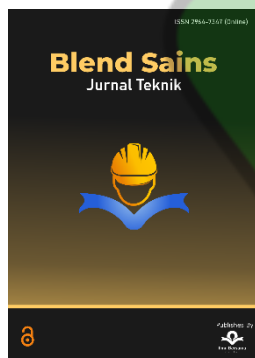
Di

Tempat

Dengan ini kami sampaikan bahwa naskah dengan rincian berikut dinyatakan diterima untuk diterbitkan di dalam Blend Sains Jurnal Teknik, ISSN 2964-7347 (Online) pada terbitan Volume 5 Nomor 2 Edisi Oktober 2026.

Judul	Rancang Bangun Sistem Bel Sekolah Otomatis Berbasis ESP32 dengan Pengaturan Jadwal Menggunakan Aplikasi Blynk di SMPN 2 Blang Bintang
Penulis	Hanifah Hanim, Aulia Syarif Aziz*
Correspondent Email	aulia.aziz@ar-raniry.ac.id

Demikianlah surat keterangan ini kami buat untuk dapat digunakan seperlunya.



Bireuen, 21 Agustus 2026


Dr. Imam Muslem R, M.Kom

Blend Sains Jurnal Teknik
Ilmu Bersama Center
Email: blendsains@gmail.com



Blend Sains Jurnal Teknik is licensed under a
[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Artikel Penelitian (Teknik Informatika)

Rancang Bangun Sistem Bel Sekolah Otomatis Berbasis ESP32 Dengan Pengaturan Jadwal Menggunakan Aplikasi Blynk Di SMPN 2 Blang Bintang

Hanifah Hanim¹, Aulia Syarif Aziz²

Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 00 Januari 00
Revisi Akhir: 00 Februari 00
Diterbitkan Online: 00 Maret 00

KATA KUNCI

ESP32, Bel Sekolah Otomatis, RTC DS3231, Blynk, Internet of Things

KORESPONDENSI

Phone: +62 895-4285-05469
E-mail: aulia.aziz@ar-raniry.ac.id

A B S T R A K

Bel sekolah merupakan sarana penting untuk menandai waktu kegiatan belajar mengajar, namun sebagian besar sekolah masih menggunakan sistem bel manual yang rentan terhadap keterlambatan dan kesalahan akibat faktor manusia (*human error*), termasuk di SMPN 2 Blang Bintang. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem bel sekolah otomatis berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 dan aplikasi Blynk sehingga jadwal bel dapat diatur menggunakan *smartphone* melalui Internet. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D), yang meliputi tahap perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, perakitan sistem, pemrograman menggunakan Arduino IDE, serta pengujian kinerja sistem. Sistem bekerja dengan membaca data waktu dari modul RTC DS3231, mencocokkannya dengan jadwal yang telah diprogram pada ESP32, kemudian mengaktifkan buzzer sebagai keluaran bel sekolah. Pengaturan dan pembaruan jadwal dilakukan melalui aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi. Pengujian dilakukan terhadap lima jadwal bel dalam satu hari operasional sekolah untuk mengevaluasi ketepatan waktu bel, respons aplikasi Blynk, dan kestabilan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan seluruh jadwal bel sesuai waktu yang telah ditentukan dengan tingkat keberhasilan 100% pada lima jadwal bel yang diuji, tanpa ditemukan selisih waktu pada satuan detik antara waktu RTC dan

waktu acuan. Selain itu, aplikasi Blynk mampu mengirimkan pembaruan jadwal dengan baik sehingga sistem dapat beroperasi sesuai kebutuhan pengguna. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan dapat menjadi solusi untuk meningkatkan ketepatan waktu dan mempermudah pengelolaan jadwal bel sekolah.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan elektronika telah membawa perubahan dalam berbagai bidang kehidupan, termasuk dalam dunia pendidikan. Pemanfaatan teknologi tidak hanya berperan dalam proses pembelajaran, tetapi juga dapat diterapkan untuk mendukung sistem operasional sekolah agar lebih efektif, efisien, dan terintegrasi. Salah satu bentuk penerapan tersebut adalah otomatisasi perangkat pendukung kegiatan sekolah, seperti sistem bel sekolah.

Bel sekolah merupakan sarana penting yang digunakan untuk memberikan informasi waktu kepada siswa dan guru, seperti tanda masuk kelas, pergantian jam pelajaran, waktu istirahat, hingga waktu pulang sekolah. Pada kenyataannya, masih terdapat sekolah yang menggunakan sistem bel manual dengan pengoperasian langsung oleh petugas. Sistem tersebut memiliki beberapa kelemahan, antara lain ketergantungan pada operator, potensi keterlambatan, kurangnya ketepatan waktu, serta kemungkinan terjadinya kesalahan akibat faktor manusia (*human error*). Sistem bel sekolah berbasis mikrokontroler ESP32 dengan antarmuka pengaturan jadwal dapat mengatasi keterbatasan tersebut karena jadwal dapat dikonfigurasi secara fleksibel tanpa perlu melakukan pemrograman ulang perangkat setiap kali terjadi perubahan jadwal [1].

Berdasarkan hasil pengamatan awal yang dilakukan di SMPN 2 Blang Bintang, bel sekolah yang digunakan masih dioperasikan secara manual oleh petugas, yaitu dengan menekan saklar atau membunyikan bel secara langsung berdasarkan perkiraan waktu tanpa acuan waktu yang baku. Pengamatan menunjukkan bahwa pelaksanaan bel beberapa kali mengalami keterlambatan maupun ketidaksesuaian dengan jadwal pelajaran, terutama apabila petugas yang bertugas berhalangan hadir atau sedang melaksanakan tugas lain di lokasi yang berbeda. Perubahan jadwal, misalnya pada saat pelaksanaan ujian atau kegiatan sekolah tertentu, juga masih disampaikan secara lisan kepada petugas, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahpahaman dalam pelaksanaan bel. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem bel manual yang digunakan di SMPN 2 Blang Bintang belum sepenuhnya menjamin ketepatan waktu kegiatan belajar mengajar, sehingga diperlukan sistem bel otomatis yang dapat dijadwalkan dan diperbarui secara lebih praktis.

Seiring dengan perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT), ESP32 menjadi salah satu mikrokontroler yang dapat diterapkan dalam sistem otomatisasi. ESP32 memiliki konektivitas Wi-Fi

dan Bluetooth yang telah terintegrasi sehingga dapat mendukung komunikasi dengan perangkat atau platform IoT. Dalam sistem bel sekolah, ESP32 dapat diintegrasikan dengan modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 sebagai sumber informasi waktu serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka untuk pengaturan dan pemantauan sistem melalui *smartphone*.

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem bel otomatis dengan berbagai pendekatan. Seragih [1] mengembangkan sistem bel sekolah otomatis berbasis ESP32 dengan pengaturan jadwal melalui *web server* dan menggunakan RTC sebagai acuan waktu. Ruzaini dkk. [2] mengembangkan bel sekolah otomatis berbasis Arduino UNO dengan menggunakan RTC DS3231, DFPlayer Mini, relay, LCD, dan amplifier untuk menghasilkan keluaran suara dalam tiga bahasa, yaitu Arab, Inggris, dan Indonesia. Fahreza dkk. [3] mengembangkan bel otomatis berbasis mikrokontroler dengan memanfaatkan RTC dan modul MP3 sebagai keluaran suara.

Meskipun penelitian sebelumnya telah memanfaatkan mikrokontroler dan RTC untuk menjalankan bel sekolah secara otomatis, masih terdapat ruang untuk mengembangkan sistem yang menyediakan pengaturan dan pembaruan jadwal melalui platform IoT berbasis internet. Penelitian Seragih [1] menggunakan *web server* sebagai antarmuka pengaturan jadwal, sedangkan Ruzaini dkk. [2] dan Fahreza dkk. [3] berfokus pada otomatisasi bel dengan memanfaatkan RTC dan keluaran suara. Dengan demikian, masih terdapat ruang untuk mengintegrasikan ESP32, RTC DS3231, dan platform IoT Blynk dalam satu sistem yang memungkinkan pengguna melakukan pengaturan dan pembaruan jadwal melalui *smartphone* menggunakan jaringan internet.

Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem bel sekolah otomatis berbasis ESP32 yang mengintegrasikan RTC DS3231 sebagai sumber waktu dan Blynk sebagai antarmuka pengaturan serta pembaruan jadwal. Jadwal bel dapat diatur melalui *smartphone* menggunakan jaringan internet, sedangkan pelaksanaan jadwal tetap mengacu pada waktu yang dibaca dari RTC DS3231. Studi kasus penerapan dilakukan di SMPN 2 Blang Bintang dengan buzzer sebagai keluaran bel. Sistem diuji berdasarkan ketepatan pelaksanaan jadwal, keberhasilan penerimaan dan penerapan pembaruan jadwal melalui Blynk, serta kestabilan komponen selama periode pengujian.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Bel Sekolah

Sistem bel sekolah otomatis merupakan sistem berbasis teknologi yang dirancang untuk mengatur dan mengendalikan bunyi bel sekolah sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan tanpa memerlukan pengoperasian secara manual. Sistem ini umumnya memanfaatkan mikrokontroler sebagai pengendali utama dan modul *Real Time Clock* (RTC) sebagai acuan waktu dalam menjalankan jadwal bel. Sistem bel sekolah otomatis berbasis ESP32 yang diatur melalui antarmuka perangkat lunak menunjukkan bahwa mikrokontroler dapat membaca waktu, mencocokkannya dengan jadwal yang telah diprogram, dan mengaktifkan keluaran bel secara otomatis tanpa keterlibatan operator[1]. Sistem bel sekolah otomatis berbasis mikrokontroler dan RTC juga telah diterapkan untuk menjalankan bel berdasarkan waktu yang telah diprogram, dengan sistem membaca waktu dari RTC kemudian membandingkannya dengan jadwal yang telah ditentukan untuk mengaktifkan keluaran bel[4]. Penelitian lain mengenai penerapan konsep *Smart School* menunjukkan bahwa sistem bel otomatis berbasis ESP32 dengan sinkronisasi waktu melalui *Network Time Protocol* (NTP) dapat menjalankan bel sesuai jadwal dengan tingkat keberhasilan yang tinggi pada seluruh skenario

pengujian[5]. Berdasarkan penerapan tersebut, ESP32 dan sumber waktu dapat digunakan sebagai dasar dalam membangun sistem bel sekolah otomatis. Pada penelitian ini, ESP32 digunakan untuk mengendalikan buzzer sebagai keluaran bel berdasarkan jadwal yang telah ditentukan.

Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan banyak digunakan dalam penerapan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). ESP32 dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi sehingga dapat digunakan untuk komunikasi data melalui jaringan tanpa memerlukan modul komunikasi tambahan, memberikan fleksibilitas yang diperlukan untuk mengontrol dan memantau sistem dari jarak jauh[6]. ESP32 juga memiliki prosesor *dual-core* serta sejumlah antarmuka input/output yang dapat mendukung berbagai kebutuhan sistem kendali dan otomatisasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan penerapan ESP32 yang dikombinasikan dengan RTC dan platform Blynk untuk mendukung pengaturan sistem melalui smartphone[7]. Dalam penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai pusat kendali sistem yang menerima informasi waktu dari modul RTC DS3231, membandingkannya dengan jadwal bel yang telah ditentukan, kemudian mengaktifkan buzzer sebagai keluaran ketika waktu sesuai dengan jadwal.

RTC DS3231

Real Time Clock (RTC) DS3231 merupakan modul yang digunakan untuk menyimpan dan menyediakan informasi waktu secara *real-time*, seperti detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun. Modul ini memiliki baterai cadangan sehingga informasi waktu dapat tetap dipertahankan ketika sumber daya utama pada sistem terputus. Penggunaan RTC diperlukan pada sistem otomatisasi berbasis mikrokontroler yang membutuhkan acuan waktu untuk menjalankan suatu proses berdasarkan jadwal tertentu, seperti pada penerapan RTC bersama ESP32 dan platform IoT untuk mendukung ketepatan waktu operasi sistem [7]. Pada penelitian ini, RTC DS3231 digunakan sebagai sumber informasi waktu yang dibaca oleh ESP32 untuk menentukan waktu pengaktifan buzzer sesuai jadwal bel sekolah. Selain RTC, sinkronisasi waktu pada sistem berbasis mikrokontroler dapat pula dilakukan melalui *Network Time Protocol* (NTP), yaitu protokol yang memungkinkan perangkat memperoleh informasi waktu dari server waktu melalui jaringan internet. Sinkronisasi waktu menggunakan NTP mengharuskan perangkat selalu terhubung ke jaringan internet agar waktu yang digunakan tetap akurat, sehingga apabila koneksi internet terputus, perangkat berpotensi kehilangan acuan waktu yang diperlukan untuk menjalankan suatu proses secara tepat waktu. Berbeda dengan NTP, RTC menyediakan sumber waktu secara mandiri (*standalone*) dengan dukungan baterai cadangan, sehingga tetap dapat menyediakan informasi waktu meskipun tidak terhubung ke jaringan internet. Pada penelitian ini, RTC DS3231 dipilih sebagai sumber waktu karena sistem bel sekolah perlu tetap dapat menjalankan jadwal secara tepat waktu meskipun koneksi internet yang digunakan untuk pengaturan dan pembaruan jadwal melalui Blynk mengalami gangguan. Dengan demikian, ketepatan waktu pelaksanaan bel tidak bergantung pada stabilitas jaringan internet, sedangkan jaringan internet hanya diperlukan pada saat dilakukan pengaturan atau pembaruan jadwal oleh pengguna.

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang memungkinkan perangkat fisik terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data dan komunikasi. Penerapan IoT memungkinkan perangkat elektronik dikendalikan atau dipantau melalui jaringan sehingga dapat mendukung proses otomatisasi dan pengendalian jarak jauh[8]. Penerapan IoT pada sistem kendali juga dapat

memberikan kemudahan dalam pertukaran informasi antara perangkat dan pengguna melalui jaringan internet serta mendukung efisiensi operasional[9]. Dalam penelitian ini, konsep IoT diterapkan dengan menghubungkan ESP32 ke jaringan Wi-Fi sehingga pengaturan jadwal bel dapat dilakukan melalui aplikasi Blynk pada smartphone.

Blynk

Blynk merupakan platform IoT yang dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat elektronik dengan aplikasi pada smartphone melalui jaringan internet. Platform ini menyediakan antarmuka yang memungkinkan pengguna melakukan pengaturan dan pemantauan perangkat melalui perangkat mobile. Penggunaan Blynk pada sistem berbasis ESP32 dapat mendukung komunikasi antara pengguna dan perangkat melalui jaringan internet[10]. Dalam penelitian ini, Blynk digunakan sebagai antarmuka untuk melakukan pengaturan dan pembaruan jadwal bel melalui smartphone. Jadwal yang diberikan melalui aplikasi dikirimkan ke ESP32 melalui jaringan Wi-Fi, kemudian ESP32 menggunakan informasi tersebut untuk menjalankan sistem bel sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Dengan demikian, Blynk berfungsi sebagai media pengaturan jadwal, sedangkan ESP32 berperan sebagai pengendali utama sistem.

Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke berbagai jenis mikrokontroler, termasuk ESP32, setelah paket board ESP32 ditambahkan melalui board manager pada aplikasi tersebut. Arduino IDE menyediakan editor kode, compiler, serta serial monitor yang memudahkan proses penulisan, pengujian, dan pemantauan jalannya program pada mikrokontroler. Melalui pustaka (*library*) tambahan, Arduino IDE juga mendukung integrasi dengan berbagai modul dan platform, seperti modul RTC DS3231 dan platform Blynk. Dalam penelitian ini, Arduino IDE digunakan untuk menulis dan mengunggah program pengendalian sistem bel sekolah otomatis ke ESP32, termasuk program pembacaan data waktu dari RTC DS3231, pencocokan waktu dengan jadwal yang telah ditentukan, pengaktifan buzzer, serta komunikasi antara ESP32 dan aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang berfokus pada perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem secara empiris. Pendekatan R&D dipilih karena penelitian ini tidak hanya mengkaji konsep secara teoritis, tetapi juga menghasilkan produk berupa prototipe sistem bel sekolah otomatis yang kemudian diuji kinerjanya. Metode R&D bertujuan menghasilkan produk tertentu serta menguji efektivitas dan kelayakan produk tersebut agar dapat diterapkan secara nyata [11]. Penelitian dilaksanakan di SMPN 2 Blang Bintang yang dipilih karena sistem bel yang digunakan masih dioperasikan secara manual, sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan dan ketidaktepatan waktu pada kegiatan belajar mengajar.

Perancangan perangkat keras sistem terdiri atas ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang terhubung dengan modul RTC DS3231 dan buzzer. Modul RTC DS3231 dihubungkan ke ESP32 melalui jalur komunikasi I2C untuk membaca data waktu, sedangkan buzzer dihubungkan langsung ke salah satu pin digital *output* ESP32 sebagai keluaran bunyi bel. Komponen utama yang digunakan dalam sistem ditunjukkan pada Tabel 1.

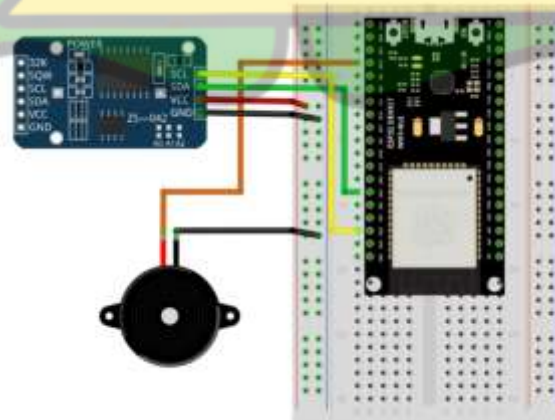
Tabel 1. Spesifikasi Komponen Sistem

Komponen	Spesifikasi	fungsi
ESP32	Dual-core, 240 MHz, Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi	Mikrokontroler utama dan konektivitas Wi-Fi
Modul RTC DS3231	Dilengkapi baterai cadangan	Menyediakan data waktu
Buzzer	Tegangan kerja 5 V	Keluaran bunyi bel
Smartphone	Android/iOS dengan aplikasi Blynk	Pengaturan dan pembaruan jadwal
Blynk IoT	Platform IoT berbasis cloud	Antarmuka pengaturan jadwal

Konfigurasi koneksi antara RTC DS3231, buzzer, dan ESP32 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi Koneksi Pin

Komponen	Pin komponen	Pin Esp32	fungsi
RTC DS3231	SDA	GPIO21	Komunikasi data I2C
RTC DS3231	SCL	GPIO22	Komunikasi clock I2C
RTC DS3231	VCC	VIN	Catu daya RTC
RTC DS3231	GND	GND	Ground
Buzzer	(+)	GPIO 15	Output untuk mengontrol bunyi buzzer
Buzzer	(-)	GND	Ground



Gambar 1. Rangkaian Wiring ESP32, RTC DS3231, dan Buzzer

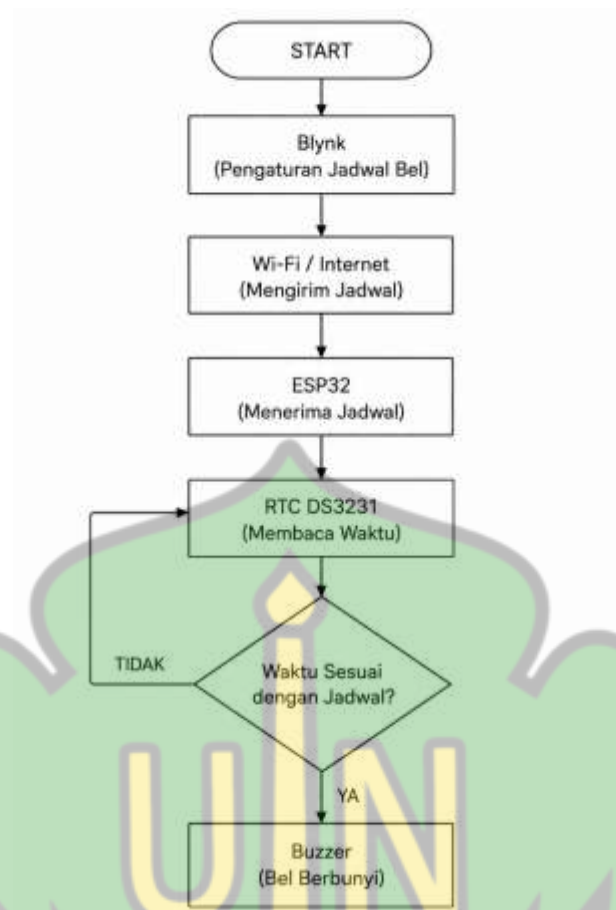
Perangkat lunak sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE. ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang terhubung dengan Blynk melalui jaringan Wi-Fi/Internet dan dengan RTC DS3231 sebagai sumber informasi waktu. Jadwal bel dapat diatur dan diperbarui melalui Blynk, kemudian ESP32 mencocokkan waktu RTC dengan jadwal tersebut untuk mengaktifkan buzzer sebagai keluaran bel.

Alur hubungan antar komponen ditunjukkan pada diagram blok berikut:



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Bel Sekolah Otomatis Berbasis IoT

Sistem dimulai dengan pengaturan jadwal bel melalui aplikasi Blynk. Jadwal tersebut dikirim melalui jaringan Wi-Fi/Internet dan diterima oleh ESP32. Selanjutnya, ESP32 memperoleh informasi waktu dari modul RTC DS3231 dan membandingkannya dengan jadwal bel yang telah ditentukan. Jika waktu belum sesuai dengan jadwal, sistem kembali membaca waktu dari RTC DS3231. Jika waktu telah sesuai dengan jadwal, ESP32 mengaktifkan buzzer sehingga bel berbunyi. Proses pembacaan waktu dan pengecekan jadwal dilakukan kembali untuk menjalankan jadwal bel berikutnya.



Gambar 3. Flowchart Alur Kerja Program

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjalankan jadwal bel secara otomatis. Pengujian meliputi ketepatan waktu bel, pembaruan jadwal melalui Blynk, dan kestabilan sistem.

Pengujian ketepatan waktu dilakukan pada lima jadwal bel dalam satu hari dengan membandingkan waktu yang telah ditentukan dengan waktu saat buzzer berbunyi. Pengujian Blynk dilakukan sebanyak lima kali dengan melakukan pembaruan jadwal melalui smartphone untuk mengetahui apakah jadwal yang diberikan melalui Blynk dapat diterima dan diproses oleh ESP32. Selain itu, dilakukan pengujian pada kondisi koneksi internet terputus dengan cara memutuskan sambungan Wi-Fi pada ESP32 setelah jadwal berhasil diterima. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem tetap dapat menjalankan jadwal yang telah diterima sebelumnya dengan menggunakan RTC DS3231 sebagai acuan waktu, meskipun koneksi internet terputus. Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui apakah pembaruan jadwal baru melalui Blynk dapat diterima oleh ESP32 ketika koneksi internet terputus. Kestabilan sistem diamati selama proses pengujian dengan memperhatikan kinerja ESP32, RTC DS3231, buzzer, dan koneksi Wi-Fi. Tingkat keberhasilan bel dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Akurasi = \frac{\text{jumlah bel tepat waktu}}{\text{jumlah seluruh pengujian}} \times 100\%$$

(1)

Keterangan:

Akurasi = tingkat keberhasilan sistem (%)

Jumlah bel tepat waktu = jumlah pengujian yang menghasilkan bunyi bel sesuai jadwal

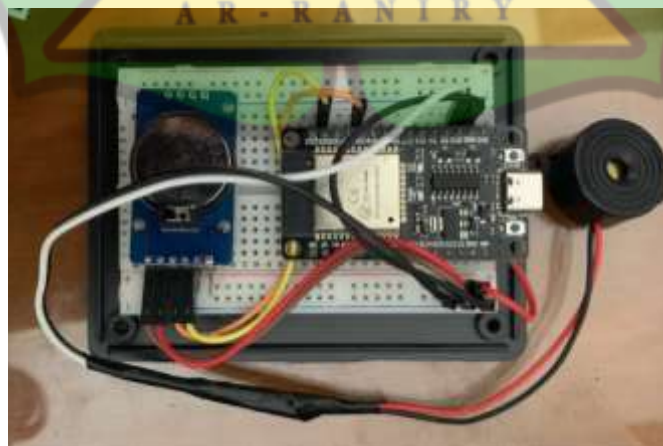
Jumlah seluruh pengujian = seluruh jadwal yang diuji

HASIL DAN PEMBAHASAN**Hasil Perancangan dan Implementasi Sistem**

Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe sistem bel sekolah otomatis berbasis ESP32 yang telah dirancang, dirakit, dan diuji secara langsung untuk mengetahui kinerjanya dalam kondisi nyata. Prototipe terdiri atas tiga komponen utama yang saling terintegrasi, yaitu ESP32 sebagai unit pengendali utama sekaligus penghubung ke jaringan Wi-Fi, modul RTC DS3231 sebagai sumber informasi waktu yang dilengkapi baterai cadangan CR2032, serta buzzer sebagai keluaran bunyi bel yang dikendalikan langsung oleh ESP32. Seluruh komponen dirangkai pada breadboard menggunakan kabel jumper sesuai dengan skema yang telah dijelaskan pada bagian Metode Penelitian.

Pada tahap awal pengujian, sistem dinyalakan untuk memastikan seluruh komponen berfungsi sebagaimana mestinya. ESP32 berhasil melakukan booting, membaca data waktu dari modul RTC DS3231 melalui komunikasi I2C, serta berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi sekolah. Setelah koneksi Wi-Fi berhasil dibangun, ESP32 terhubung ke server Blynk sehingga status perangkat pada aplikasi Blynk menunjukkan kondisi terhubung. Hal ini menunjukkan bahwa jalur komunikasi antara ESP32 dengan RTC DS3231 secara lokal, maupun antara ESP32 dengan aplikasi Blynk melalui jaringan internet, dapat berjalan sebagaimana yang dirancang.

Tampilan fisik prototipe yang telah selesai dirakit ditunjukkan pada Gambar 4. Prototipe menunjukkan susunan komponen berupa modul ESP32 yang terpasang pada breadboard, modul RTC DS3231 dengan baterai CR2032 sebagai sumber daya cadangan, serta buzzer yang dihubungkan langsung menggunakan kabel jumper. Seluruh rangkaian ditempatkan dalam sebuah wadah plastik sebagai pelindung fisik komponen elektronik.



Gambar 4. Prototipe sistem bel sekolah otomatis berbasis ESP32

Berdasarkan hasil perancangan tersebut, integrasi antara ESP32, modul RTC DS3231, dan buzzer dapat dilakukan dengan rangkaian yang relatif sederhana. Buzzer dihubungkan langsung ke pin GPIO ESP32 dan dikendalikan langsung oleh program yang berjalan pada ESP32, sehingga jumlah komponen yang dibutuhkan dalam sistem menjadi lebih sedikit.

Pengujian ketepatan waktu Bel

Pengujian ketepatan waktu bel dilakukan terhadap lima jadwal bel dalam satu hari operasional sekolah, mengikuti jadwal pelajaran yang berlaku di SMPN 2 Blang Bintang. Pengujian dilakukan dengan membandingkan waktu buzzer aktif secara aktual terhadap jadwal yang telah diprogram sebelumnya pada ESP32. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian ketepatan waktu bel

Keterangan Bel	Jadwal Terprogram	Waktu Buzzer Aktual	Selisih (detik)	Status
Bel Masuk	07:40:00	07:40:00	0 detik	Sesuai Jadwal
Bel Pergantian Jam	08:40:00	08:40:00	0 detik	Sesuai Jadwal
Bel Istirahat	09:20:00	09:20:00	0 detik	Sesuai Jadwal
Bel Masuk Kembali	10:00:00	10:00:00	0 detik	Sesuai Jadwal
Bel Pulang	11:50:00	11:50:00	0 detik	Sesuai Jadwal

Berdasarkan data pada Tabel 3, kelima jadwal bel yang diuji seluruhnya berbunyi sesuai dengan jadwal yang telah diprogram pada ESP32. Merujuk pada Persamaan (1), tingkat akurasi sistem pada pengujian ini dihitung sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{5}{5} \times 100\% = 100\% \quad (1)$$

Seluruh lima jadwal bel berhasil dijalankan sesuai waktu yang telah ditentukan, sehingga tingkat keberhasilan mencapai 100% pada pengujian yang dilakukan. Hasil ini menunjukkan bahwa modul RTC DS3231 dapat menyediakan referensi waktu yang konsisten selama periode pengujian, sehingga ESP32 dapat membandingkan waktu tersebut dengan jadwal yang telah diprogram dan mengaktifkan buzzer sesuai dengan waktu yang ditentukan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Putra dkk. [4], yang juga menunjukkan bahwa penggunaan modul RTC sebagai acuan waktu pada sistem bel otomatis dapat mendukung pelaksanaan jadwal secara terprogram.

Perlu dicatat bahwa hasil akurasi 100% ini diperoleh berdasarkan pengujian terhadap lima jadwal dalam satu hari operasional sekolah, sehingga hasil tersebut merepresentasikan kondisi pengujian yang dilakukan dan belum tentu menggambarkan kinerja sistem pada rentang waktu yang lebih panjang atau pada kondisi operasional yang berbeda.

Modul RTC DS3231 yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi akurasi osilator sebesar ± 2 ppm pada rentang suhu 0–40°C. Berdasarkan spesifikasi tersebut, secara teoritis RTC dapat mengalami penyimpangan waktu sekitar ± 63 detik per tahun atau sekitar ± 1 menit per tahun [12]. Nilai tersebut merupakan spesifikasi teoritis berdasarkan datasheet DS3231 dan bukan merupakan

hasil pengukuran penyimpangan waktu pada penelitian ini. Dengan demikian, apabila sistem bel digunakan dalam jangka waktu yang panjang tanpa dilakukan penyesuaian waktu secara berkala, tetap terdapat kemungkinan terjadinya penyimpangan waktu pada RTC DS3231. Pengujian pada penelitian ini belum mencakup pengukuran penyimpangan waktu dalam jangka panjang, sehingga aspek tersebut dapat menjadi bahan pengujian lebih lanjut pada penelitian berikutnya.

Pengujian Respons Pembaruan Jadwal Melalui Blynk

Selain ketepatan waktu bel, penelitian ini juga menguji kemampuan sistem dalam menerima dan menerapkan pembaruan jadwal yang dikirim oleh pengguna melalui aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan cara mengirimkan perintah pembaruan jadwal melalui smartphone yang terhubung ke aplikasi Blynk, kemudian mengamati keberhasilan ESP32 dalam menerima serta menerapkan perubahan jadwal tersebut.



Gambar 5. Tampilan dashboard aplikasi Blynk

Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian respons pembaruan jadwal melalui Blynk

Jenis Perintah	Media Pengiriman	Hasil
Pembaruan jadwal 1	Smartphone (Blynk App)	Diterima dan diterapkan
Pembaruan jadwal 2	Smartphone (Blynk App)	Diterima dan diterapkan
Pembaruan jadwal 3	Smartphone (Blynk App)	Diterima dan diterapkan
Pembaruan jadwal 4	Smartphone (Blynk App)	Diterima dan diterapkan
Pembaruan jadwal 5	Smartphone (Blynk App)	Diterima dan diterapkan

Berdasarkan Tabel 4, seluruh pengujian pembaruan jadwal yang dilakukan melalui aplikasi Blynk berhasil diterima dan diterapkan oleh ESP32. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan

mengubah jadwal bel melalui *smartphone*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap jadwal yang dikirim melalui Blynk dapat diterima oleh ESP32 melalui koneksi Wi-Fi dan digunakan sebagai acuan jadwal pengoperasian buzzer. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi antara aplikasi Blynk dan ESP32 dapat berjalan dengan baik sehingga pengguna dapat melakukan pembaruan jadwal bel melalui *smartphone* tanpa perlu melakukan pemrograman ulang pada ESP32.

Pada pengujian ketika koneksi internet terputus, jadwal yang telah diterima sebelumnya oleh ESP32 tetap dapat digunakan oleh sistem. RTC DS3231 berfungsi sebagai sumber waktu untuk menentukan kesesuaian waktu aktual dengan jadwal yang telah ditetapkan. Dengan demikian, ketika koneksi internet terputus setelah jadwal diterima, sistem tetap dapat menjalankan jadwal tersebut dan buzzer dapat berbunyi sesuai waktu yang telah ditentukan. Namun, pembaruan jadwal baru melalui Blynk tidak dapat diterima oleh ESP32 selama koneksi internet terputus. Setelah koneksi internet kembali tersedia, pembaruan jadwal melalui Blynk dapat dilakukan kembali.

Pengujian Kestabilan Sistem

Pengujian kestabilan sistem dilakukan dengan mengamati kondisi ESP32, modul RTC DS3231, buzzer, dan koneksi Wi-Fi selama periode pengujian berlangsung. Berdasarkan pengamatan selama periode pengujian, sistem dapat menjalankan fungsi utamanya dengan baik. ESP32 tetap terhubung ke jaringan Wi-Fi sekolah, modul RTC DS3231 tetap menyediakan data waktu yang digunakan sebagai acuan sistem, dan buzzer dapat diaktifkan sesuai jadwal yang telah diprogram tanpa mengalami kegagalan selama pengujian berlangsung.

Perlu ditegaskan bahwa hasil ini hanya berlaku pada periode pengujian yang dilaksanakan dalam penelitian ini. Pengujian jangka panjang belum dilakukan, sehingga kestabilan sistem dalam penggunaan berkelanjutan masih perlu diuji lebih lanjut pada penelitian selanjutnya.

Pembahasan dan Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Untuk mengetahui posisi penelitian ini terhadap penelitian-penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya, dilakukan perbandingan sistem yang dikembangkan dengan tiga penelitian terdahulu yang relevan. Hasil perbandingan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan sistem dengan penelitian terdahulu

Penelitian	Mikrokontroler	Sumber Waktu	Media Pengaturan	Karakteristik
Pauzan & Yanti (2021) [13]	Arduino	RTC DS3231	Aplikasi mobile melalui Bluetooth	Pengendalian bel melalui <i>smartphone</i>
Dinda dkk. (2023) [14]	Arduino Uno	RTC DS1307	Pengaturan pada sistem	Fokus pada ketepatan waktu bel
Setiawan dkk. (2024) [15]	Arduino Uno	—	Website	Sistem penjadwalan bel dengan antarmuka web

Penelitian	Mikrokontroler	Sumber Waktu	Media Pengaturan	Karakteristik
Rahman & Fatoni (2026) [5]	ESP32	NTP	IoT	Sistem bel untuk mendukung konsep <i>Smart School</i>
Penelitian ini	ESP32	RTC DS3231	Blynk melalui smartphone	Pengaturan dan pembaruan jadwal melalui aplikasi Blynk

Berdasarkan Tabel 5, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem bel otomatis telah dikembangkan menggunakan berbagai jenis mikrokontroler, sumber waktu, dan media pengaturan. Pauzan dan Yanti [13] mengembangkan sistem bel otomatis berbasis Arduino yang dapat dikendalikan melalui aplikasi mobile menggunakan komunikasi Bluetooth dan memanfaatkan RTC DS3231 sebagai acuan waktu. Dinda dkk. [14] mengembangkan sistem bel otomatis berbasis Arduino Uno dengan RTC DS1307 yang berfokus pada ketepatan waktu pembunyian bel. Setiawan dkk. [15] mengembangkan sistem penjadwalan bel berbasis Arduino Uno dengan antarmuka website untuk mendukung pengelolaan jadwal bel. Sementara itu, Rahman dan Fatoni [5] menerapkan ESP32 dengan sinkronisasi waktu menggunakan NTP dan DFPlayer Mini sebagai bagian dari sistem bel untuk mendukung konsep *Smart School*.

Penelitian ini menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama dan RTC DS3231 sebagai sumber waktu. Berbeda pada media pengaturan, penelitian ini memanfaatkan aplikasi Blynk pada smartphone untuk melakukan pengaturan dan pembaruan jadwal melalui jaringan internet. Berdasarkan hasil pengujian, lima jadwal bel berhasil dijalankan sesuai waktu yang ditentukan dan lima pembaruan jadwal melalui Blynk berhasil diterima serta diterapkan oleh ESP32. Dengan demikian, penelitian ini menggabungkan pengendalian waktu menggunakan RTC DS3231 dengan pengaturan jadwal melalui aplikasi Blynk pada smartphone.

Kelebihan dan Keterbatasan Sistem

Berdasarkan hasil pengujian, sistem bel sekolah otomatis berbasis ESP32 mampu menjalankan fungsi utama sesuai dengan rancangan. Pengujian terhadap lima jadwal bel menunjukkan bahwa seluruh jadwal berhasil dijalankan sesuai waktu yang ditentukan dengan tingkat keberhasilan 100%. Selain itu, lima pembaruan jadwal melalui aplikasi Blynk berhasil diterima dan diterapkan oleh ESP32. Selama periode pengujian, ESP32, RTC DS3231, buzzer, dan koneksi Wi-Fi juga dapat menjalankan fungsinya. Penggunaan buzzer yang terhubung langsung ke ESP32 membuat rangkaian sistem menjadi lebih sederhana.

Sistem yang dikembangkan juga memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian ketepatan waktu hanya dilakukan terhadap lima jadwal dalam satu hari, sehingga hasil 100% tersebut hanya menggambarkan kondisi pada saat pengujian dan belum dapat menunjukkan kinerja sistem dalam penggunaan jangka panjang. Pengujian kestabilan juga masih terbatas pada periode pengamatan yang dilakukan. Selain itu, pembaruan jadwal melalui Blynk hanya diuji berdasarkan keberhasilan penerimaan dan penerapan perintah, sehingga waktu respons (*delay*) belum diukur secara kuantitatif. Pengaturan dan pembaruan jadwal melalui aplikasi Blynk memerlukan koneksi internet agar data jadwal dapat

dikirim ke ESP32. Pengaturan hari pada aplikasi juga masih menggunakan pilihan hari yang telah tersedia, sehingga belum mendukung pengaturan jadwal yang lebih dinamis.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, sistem bel sekolah otomatis berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan modul RTC DS3231 dan aplikasi Blynk berhasil dirancang dan diuji di SMPN 2 Blang Bintang. Berdasarkan pengujian terhadap lima jadwal bel dalam satu hari operasional sekolah, seluruh jadwal berhasil dijalankan sesuai waktu yang telah ditentukan dengan tingkat keberhasilan 100% pada kondisi pengujian yang dilakukan. Aplikasi Blynk juga dapat digunakan sebagai media pengaturan dan pembaruan jadwal bel melalui smartphone. Berdasarkan lima kali pengujian, seluruh pembaruan jadwal yang dikirim melalui aplikasi Blynk berhasil diterima dan diterapkan oleh ESP32 tanpa memerlukan pemrograman ulang perangkat. Selama periode pengujian, ESP32, modul RTC DS3231, buzzer, dan koneksi Wi-Fi dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Buzzer yang terhubung langsung ke ESP32 juga membuat rangkaian sistem menjadi lebih sederhana. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada pengoperasian bel secara manual serta mempermudah pengaturan dan pembaruan jadwal bel melalui smartphone.

Berdasarkan keterbatasan yang ditemukan selama penelitian, pengujian ketepatan waktu disarankan dilakukan dalam rentang waktu yang lebih panjang untuk mengetahui konsistensi kinerja sistem. Pengujian kestabilan sistem juga dapat dilakukan dalam jangka waktu yang lebih panjang untuk mengetahui keandalan sistem dalam penggunaan sehari-hari. Selain itu, waktu respons (*delay*) aplikasi Blynk dapat diukur secara kuantitatif untuk mengetahui kecepatan komunikasi antara aplikasi dan ESP32. Pengembangan selanjutnya juga dapat mempertimbangkan mekanisme cadangan agar pengaturan jadwal tetap dapat dilakukan ketika terjadi gangguan koneksi internet. Pengaturan hari pada aplikasi juga dapat dikembangkan menjadi lebih dinamis dan fleksibel sesuai dengan kebutuhan pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. H. Seragih, "Implementasi Sistem Bel Sekolah Otomatis Berbasis ESP32 dengan Pengaturan Jadwal Melalui Web Server," *Jurnal Inovasi Global*, vol. 3, no. 7, pp. 1189–1202, 2025, doi: 10.58344/jig.v3i7.383.
- [2] H. Ruzaini, W. T. Saputro, and Murhadi, "Rancang Bangun Bel Sekolah Otomatis Dengan Output Suara Tiga Bahasa (Arab, Inggris, Indonesia) Berbasis Arduino UNO," *INTEK: Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 2, pp. 26–34, 2024, doi: 10.37729/intek.v7i2.5654.
- [3] M. F. Fahreza, D. Suherdi, and R. Mahyuni, "Rancang Bangun Bel Otomatis pada sekolah Menggunakan Modul RTC dan Modul Mp3," *J. Sist. Komput. Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, vol. 2, no. 6, pp. 307–315, 2023, doi: 10.53513/jursik.v2i6.9153.
- [4] R. R. Putra, H. Hamdani, S. Aryza, and N. A. Manik, "Sistem Penjadwalan Bel Sekolah Otomatis Berbasis RTC Menggunakan Mikrokontroler," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 4, no. 2, p. 386, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i2.1957.
- [5] D. F. Rahman and Fatoni, "Penerapan IoT Dalam Mendukung Konsep Smart School Melalui Sistem Bel Sekolah Otomatis," *Jurnal Ilmiah BETRIK: Besemah Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 17, no. 1, 2026, doi: 10.36050/e5vbm370.

- [6] D. T. Puspa, I. Laksana, E. E. Putri, R. Syelly, and T. Z. Jingga, "Rancang Bangun Sistem Absensi dan Kontrol Akses Pintu Otomatis Berbasis IoT dengan Autentikasi Sidik Jari," *Jurnal Teknika*, vol. 17, no. 2, pp. 125–134, 2025, doi: 10.30736/jt.v17i2.1472.
- [7] K. A. M. D. Prayoga and I. G. N. A. P. P, "Pengembangan Sistem Penyiraman dan Pemupukan Otomatis Berbasis ESP32 dengan RTC dan Blynk," *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2025, doi: 10.38043/telsinas.v8i1.6020.
- [8] A. A. Jalil, M. J. Abdullah, M. Simatupang, and H. T. Mokui, "Systematic Literature Review: Penerapan Internet of Things (IoT) Untuk Optimalisasi Smart Home," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 18, no. 2, pp. 114–125, 2025, doi: 10.47561/jtik.v18i2.338.
- [9] M. Rivansyah, Ridwan, Firmansyah, and A. S. Aziz, "Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Nas. Komputasi dan Teknol. Inf. (JNKTI)*, vol. 8, no. 1, 2025, doi: 10.32672/jnkti.v8i1.8477.
- [10] M. F. Kahfi, M. Faisal, K. Universitas, and K. A. W. Hasbullah, "Implementasi Internet of Things Berbasis ESP32 dan Blynk untuk Monitoring Mikroklimat Ruang Hunian," *J. Sains Student Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 616–621, 2026, [Online]. Available: <https://doi.org/10.61722/jssr.v4i1.8349>
- [11] M. Waruwu, "Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan," *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 9, no. 2, pp. 1220–1230, 2024, doi: 10.29303/jipp.v9i2.2141.
- [12] Analog Devices, "DS3231 Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal," Rev. 10, Mar. 19, 2015. [Online]. Available: <https://www.analog.com/en/products/ds3231.html>. [Accessed: Aug. 20, 2026].
- [13] M. Pauzan and Indri Yanti, "Bel Sekolah Otomatis Berbasis Arduino yang Dikontrol Menggunakan Aplikasi Mobile," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 2, pp. 163–169, 2021, doi: 10.22146/jnteti.v10i2.1272.
- [14] R. A. Dinda, Sadrina, and Mursyidin, "The High Accurate Automatic School Bell Controller Based On Arduino Uno DS1307 I²C Real-time Clock," *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore (JTMMX)*, vol. 4, no. 1, pp. 17–26, 2023, doi: 10.36805/jtmmx.v4i1.3499.
- [15] D. Setiawan, F. Haswan, and J. Jasri, "Design of School Bell Scheduling Application Based on Arduino Uno on MTs Babussalam Simandolak," *J. Teknol. Dan Open Source*, vol. 7, no. 1, pp. 22–30, 2024, doi: 10.36378/jtos.v7i1.3867.

