



ISSN : 2339 - 1871

BETRIK

BESEMAH TEKNOLOGI INFORMASI & KOMPUTER

Editor Office : Pusat Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat
(PPPM) ITPA

Phone : 0857-9716-9578

email : betriktpa@itpa.ac.id

Penerapan *Iot* Dalam Mendukung Konsep *Smart School* Melalui Sistem Bel Sekolah Otomatis

Dakota Fathir Rahman¹, Fatoni^{2*}

Sains & Teknologi, Teknik Informatika, Bina Darma, Palembang, Indonesia^{1,2}

Sur-el : 221420072@student.binadarma.ac.id¹, *fatoni@binadarma.ac.id²

Penulis Korespondensi : Fatoni, fatoni@binadarma.ac.id

Abstrak: Pengelolaan waktu akademik merupakan aspek penting dalam menjaga kedisiplinan dan keteraturan proses pembelajaran di sekolah. Namun, sistem bel sekolah yang masih dioperasikan secara manual berpotensi menimbulkan keterlambatan dan kesalahan operasional akibat faktor manusia. Penelitian ini bertujuan menerapkan teknologi *Internet of Things (IoT)* dalam mendukung konsep *Smart School* melalui pengembangan sistem bel sekolah otomatis. Metode penelitian menggunakan pendekatan rekayasa sistem berbasis studi kasus dengan model pengembangan *Waterfall* yang terdiri dari tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Sistem dikembangkan menggunakan *mikrokontroler ESP32* sebagai pengendali utama, sinkronisasi waktu berbasis *Network Time Protocol (NTP)*, serta modul *DFPlayer Mini* dan speaker sebagai keluaran suara. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *black box testing* untuk menguji fungsi utama sistem, serta pengujian pengguna (*user acceptance testing*) yang melibatkan 10 responden yang terdiri dari guru dan staf sekolah untuk menilai kemudahan penggunaan dan kinerja sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membunyikan bel secara otomatis sesuai jadwal dengan tingkat keberhasilan 100% pada seluruh skenario uji. Selain itu, sistem dilengkapi antarmuka berbasis *web* yang memudahkan pengelolaan jadwal bel dan hari aktif sekolah. Implementasi sistem ini terbukti meningkatkan ketepatan waktu dan efisiensi pengelolaan aktivitas akademik di sekolah serta mendukung penerapan konsep *Smart School* secara aplikatif

Kata kunci : ESP32, *Internet of Things*, Otomasi Sekolah, *Smart School*, Sistem Bel Sekolah

Abstract. Academic time management is a crucial aspect in maintaining discipline and order in school learning activities. However, school bell systems that are still operated manually are prone to delays and operational errors due to human factors. This study aims to implement *Internet of Things (IoT)* technology to support the *Smart School* concept through the development of an automatic school bell system. The research employed a system engineering approach using a case study method with the *Waterfall* development model, which consists of the stages of requirements analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. The system was developed using an *ESP32* microcontroller as the main controller, time synchronization based on the *Network Time Protocol (NTP)*, and a *DFPlayer Mini* module with speakers as audio output devices. System testing was conducted using the *black box testing* method to evaluate the main system functionalities, as well as *user acceptance testing (UAT)* involving 10 respondents consisting of teachers and school staff to assess system usability and performance. The testing results indicate that the system is able to activate the school bell automatically according to the predefined schedule with a 100% success rate across all test scenarios. In addition, the system is equipped with a web-based interface that facilitates the management of bell schedules and active school days. The implementation of

Received: 12-01-2026 | Accepted: 03-04-2026 | Published Online: 30-04-2026

All author: Dakota Fathir Rahman, Fatoni

this system has proven to improve time accuracy and operational efficiency in academic activity management, thereby supporting the practical application of the Smart School concept.

Keywords: ESP32, Internet of Things, School Automation, Smart School, School Bell System

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi pengelolaan sistem pendidikan melalui pemanfaatan teknologi berbasis *Internet of Things (IoT)*. *IoT* memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet sehingga mampu beroperasi secara otomatis dan terintegrasi tanpa intervensi manusia secara langsung[1]. Dalam konteks pendidikan, pemanfaatan *IoT* berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pengelolaan fasilitas, administrasi, serta aktivitas akademik sekolah[2].

SMK Bina Sriwijaya Palembang merupakan salah satu sekolah menengah kejuruan swasta yang berlokasi di Kota Palembang. Salah satu aspek penting dalam mendukung ketertiban dan kedisiplinan belajar di sekolah ini adalah sistem pengelolaan waktu melalui bel sekolah yang efisien dan tepat waktu. Namun, seperti banyak sekolah lain di Indonesia, SMK Bina Sriwijaya masih menggunakan sistem bel sekolah konvensional yang dioperasikan secara manual. Pengoperasian manual ini menimbulkan berbagai kendala, seperti ketidaktepatan waktu bunyi bel yang dapat mengganggu kelancaran proses belajar mengajar. Salah satu aspek krusial dalam pengelolaan sekolah adalah pengaturan waktu kegiatan belajar mengajar melalui sistem bel sekolah. Pada banyak sekolah, sistem bel masih dioperasikan secara manual sehingga rentan terhadap keterlambatan dan ketidakkonsistenan waktu. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh kelalaian petugas atau guru piket yang memiliki beban tugas ganda[3]. Ketidaktepatan waktu bel dapat mengganggu kelancaran proses pembelajaran dan menurunkan tingkat kedisiplinan sekolah [4].

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem bel otomatis berbasis *IoT* mampu meningkatkan akurasi waktu dan mengurangi ketergantungan terhadap pengoperasian manual. Sistem bel otomatis berbasis *ESP32* dilaporkan memiliki presisi waktu yang tinggi dan stabil dalam operasionalnya [5]. Selain itu, otomasi bel sekolah berbasis *IoT* terbukti meningkatkan efisiensi manajemen waktu akademik [6].

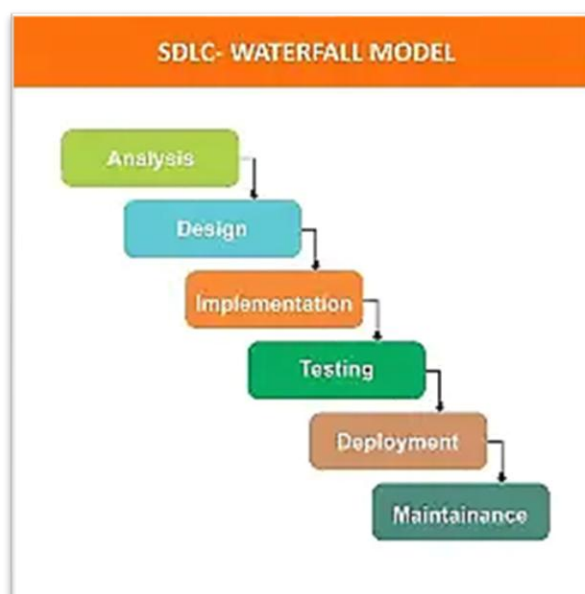
Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada otomatisasi dasar tanpa integrasi sistem pengelolaan yang fleksibel dan mudah digunakan oleh pihak sekolah [7]. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk menerapkan sistem bel sekolah otomatis berbasis *IoT* yang terintegrasi dengan antarmuka pengelolaan berbasis *web* sebagai bagian dari implementasi konsep *Smart School*. Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi keterbatasan penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada otomatisasi dasar, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang dengan mekanisme kerja yang terintegrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak. Proses kerja sistem dimulai ketika perangkat *ESP32* melakukan inisialisasi dan koneksi ke jaringan internet melalui *WiFi*. Setelah terhubung, sistem secara otomatis melakukan sinkronisasi waktu menggunakan *Network Time Protocol (NTP)* untuk memperoleh waktu *real-time* yang akurat dan terstandarisasi [8]. Selanjutnya, *ESP32* akan mengakses data jadwal bel yang telah dikonfigurasi melalui antarmuka berbasis *web* dan disimpan dalam sistem.

Pada tahap operasional, sistem secara kontinu melakukan proses pencocokan (*matching*) antara waktu aktual hasil sinkronisasi *NTP* dengan jadwal yang telah ditentukan. Ketika waktu yang terbaca sesuai dengan salah satu jadwal yang tersimpan, *ESP32* akan mengirimkan perintah ke modul *DFPlayer* Mini untuk memutar file audio bel melalui speaker. Proses ini berlangsung secara otomatis tanpa intervensi pengguna, serta mampu berjalan secara berulang sesuai dengan jadwal harian yang telah dikonfigurasi. Keunggulan utama dari sistem ini dibandingkan penelitian sebelumnya terletak pada adanya integrasi antarmuka pengelolaan berbasis *web* yang bersifat dinamis dan *user-friendly*. Administrator sekolah dapat menambahkan, mengubah, maupun menghapus jadwal bel serta mengatur hari aktif sekolah secara langsung melalui *browser* tanpa perlu melakukan pemrograman ulang pada perangkat. Selain itu, sistem ini juga mendukung fleksibilitas pengelolaan jadwal secara *real-time*, sehingga lebih adaptif terhadap perubahan kalender akademik.

Dengan adanya integrasi antara sinkronisasi waktu berbasis *NTP*, otomasi perangkat *IoT*, serta sistem manajemen berbasis *web*, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat otomatisasi bel sekolah, tetapi juga sebagai bagian dari sistem pengelolaan waktu akademik yang cerdas (*smart management system*). Hal ini menjadikan sistem lebih unggul dibandingkan penelitian sebelumnya yang umumnya masih terbatas pada fungsi otomatisasi tanpa dukungan manajemen terpusat dan fleksibel [7].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem (*system engineering*) berbasis studi kasus dengan model pengembangan *Waterfall*. Pendekatan ini dipilih karena kebutuhan sistem telah terdefinisi dengan jelas dan relatif stabil selama proses pengembangan, sehingga setiap tahapan dapat dilakukan secara terstruktur dan berurutan [1]. Penelitian dilaksanakan di SMK Bina Sriwijaya Palembang pada periode 2025–2026. Metode *waterfall SDLC* seperti gambar 1 berikut.



Gambar 1. Model *Waterfall SDLC*

Model *Waterfall* dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu:

1. Analisis Kebutuhan (*Requirement Analysis*)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan sistem melalui observasi langsung terhadap sistem bel sekolah yang berjalan. Analisis difokuskan pada permasalahan utama seperti ketidaktepatan waktu, ketergantungan pada operator, serta kebutuhan akan sistem otomatis yang terintegrasi. Hasil dari tahap ini berupa spesifikasi kebutuhan sistem baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak.

2. Perancangan Sistem (*System Design*)

Tahap perancangan dilakukan dengan menyusun arsitektur sistem yang meliputi desain perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras mencakup penggunaan *ESP32* sebagai mikrokontroler utama, *DFPlayer Mini* sebagai modul *audio*, serta speaker sebagai output suara. Sementara itu, perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan alur sistem (*flowchart*), perancangan database jadwal bel, serta desain antarmuka *web* untuk pengelolaan sistem.

3. Implementasi (*Implementation*)

Pada tahap ini dilakukan proses pengkodean sistem menggunakan *Arduino IDE* untuk pemrograman *ESP32* serta pengembangan antarmuka berbasis *web*. Sistem diintegrasikan dengan layanan *Network Time Protocol (NTP)* untuk sinkronisasi waktu secara *real-time*. Selain itu, dilakukan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak agar sistem dapat berjalan secara otomatis sesuai dengan rancangan.

4. Pengujian Sistem (*Testing*)

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Metode pengujian yang digunakan adalah pengujian fungsional (*functional testing*), meliputi pengujian koneksi *WiFi*, sinkronisasi waktu *NTP*, pencocokan jadwal, serta pemutaran suara bel. Hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan kestabilan sistem.

5. Implementasi dan Evaluasi (*Deployment & Evaluation*)

Sistem yang telah diuji kemudian diimplementasikan pada lingkungan sekolah. Evaluasi dilakukan untuk menilai performa sistem dalam kondisi nyata, termasuk aspek keandalan, ketepatan waktu, serta kemudahan penggunaan oleh administrator sekolah melalui antarmuka *web*.

Objek penelitian difokuskan pada sistem bel sekolah sebagai bagian dari pengelolaan waktu akademik. Penentuan objek penelitian dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* karena sistem bel merupakan komponen operasional yang paling terdampak oleh permasalahan keterlambatan dan ketidakkonsistenan waktu [3].

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah menganalisis kebutuhan (*requirement analysis*). Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap permasalahan yang terjadi pada sistem bel sekolah konvensional yang masih dioperasikan secara manual. Berdasarkan hasil observasi, sistem manual sering menimbulkan keterlambatan dan ketidakkonsistenan waktu akibat ketergantungan pada petugas atau guru piket. Oleh karena itu, objek penelitian difokuskan pada sistem bel sekolah sebagai bagian penting dalam pengelolaan

waktu akademik, dengan menggunakan teknik *purposive sampling* karena sistem ini merupakan komponen yang paling terdampak oleh permasalahan tersebut . Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, pengujian awal, serta dokumentasi untuk memperoleh gambaran kebutuhan sistem secara menyeluruh. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem yang dibutuhkan harus mampu bekerja secara otomatis, memiliki ketepatan waktu tinggi melalui sinkronisasi *real-time*, serta dapat menghasilkan keluaran suara yang stabil dan jelas.

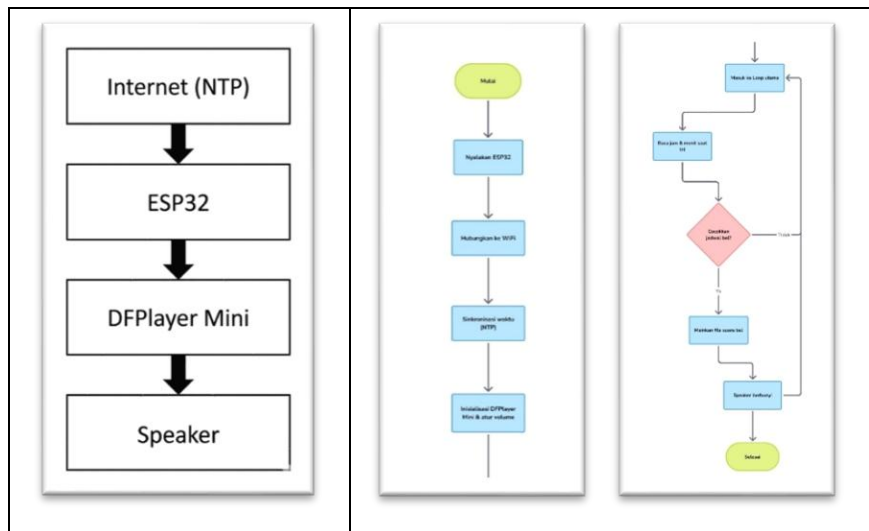
Instrumen penelitian terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi mikrokontroler *ESP32* sebagai pengendali utama, modul *DFPlayer Mini* sebagai pemutar audio, speaker sebagai keluaran suara, serta komponen pendukung lainnya [5]. Perangkat lunak meliputi *Arduino IDE* sebagai media pemrograman, *Network Time Protocol (NTP)* sebagai sumber waktu *real-time*, dan simulator *Wokwi* untuk pengujian awal [8]. Tabel Komponen Utama Sistem Bel Sekolah Otomatis bisa di lihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Komponen Utama Sistem Bel Sekolah Otomatis

No	Perangkat	Fungsi
1	<i>ESP32</i>	Pengendali utama sistem dan pengatur jadwal bel
2	<i>DFPlayer Mini</i>	Pemutar file audio bel
3	<i>Speaker</i>	Keluaran suara bel sekolah
4	<i>Breadboard</i>	Media perakitan rangkaian
5	Kabel Jumper	Penghubung antar komponen

Tahap kedua adalah merancang sistem (*system design*). Pada tahap ini dilakukan perancangan arsitektur sistem yang akan dibangun, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Sistem dirancang dengan menggunakan mikrokontroler *ESP32* sebagai pusat kendali yang terhubung ke jaringan internet untuk melakukan sinkronisasi waktu menggunakan *Network Time Protocol (NTP)*. Selanjutnya, Arsitektur sistem bel sekolah otomatis berbasis IoT terdiri atas *ESP32* sebagai pusat kendali yang terhubung ke jaringan internet untuk melakukan sinkronisasi waktu melalui *NTP*, kemudian memicu modul *DFPlayer Mini* untuk memutar audio bel melalui speaker sesuai jadwal yang telah ditentukan [9]. Gambar 2 di bawah merupakan arsitektur dan *flowchart* sistem bel sekolah otomatis berbasis *IoT*.

Tahap ketiga adalah implementasi (*coding/development*). Pada tahap ini, seluruh rancangan sistem direalisasikan ke dalam bentuk nyata. Implementasi dimulai dengan perakitan perangkat keras, yaitu menghubungkan *ESP32* dengan modul *DFPlayer Mini*, speaker, serta komponen pendukung lainnya menggunakan *breadboard* dan kabel jumper. Selanjutnya dilakukan pengembangan perangkat lunak dengan menuliskan kode program pada *Arduino IDE* yang mencakup pengaturan koneksi *WiFi*, sinkronisasi waktu menggunakan *NTP*, pengelolaan jadwal bel, serta kontrol pemutaran audio. Sebelum diterapkan secara langsung, sistem terlebih dahulu diuji melalui simulasi menggunakan *Wokwi* untuk memastikan bahwa logika program berjalan dengan baik dan sesuai dengan perancangan.



Gambar 1. Arsitektur dan *Flowchart* Sistem Bel Sekolah Otomatis Berbasis *IoT*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

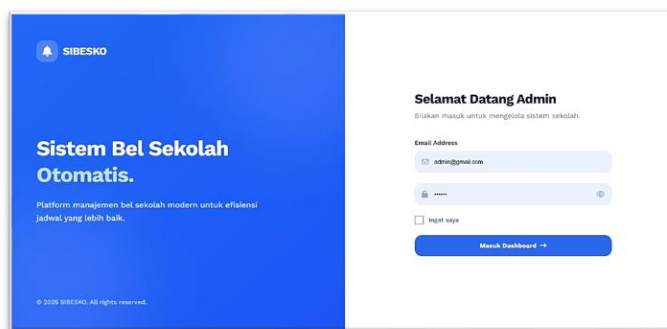
Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Metode pengujian yang digunakan adalah pengujian fungsional (*black-box testing*), yang berfokus pada keluaran sistem berdasarkan masukan yang diberikan. Skenario pengujian meliputi koneksi *ESP32* ke jaringan *WiFi*, sinkronisasi waktu dengan server *NTP*, pencocokan waktu dengan jadwal bel, pemutaran audio [5], serta kestabilan sistem dalam operasi berkelanjutan seperti di tunjukan pada gambar 3 di bawah ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%, yang menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi kebutuhan yang diharapkan.



Gambar 3. Sistem Bel dan Bel Bekerja Dengan *ESP32*

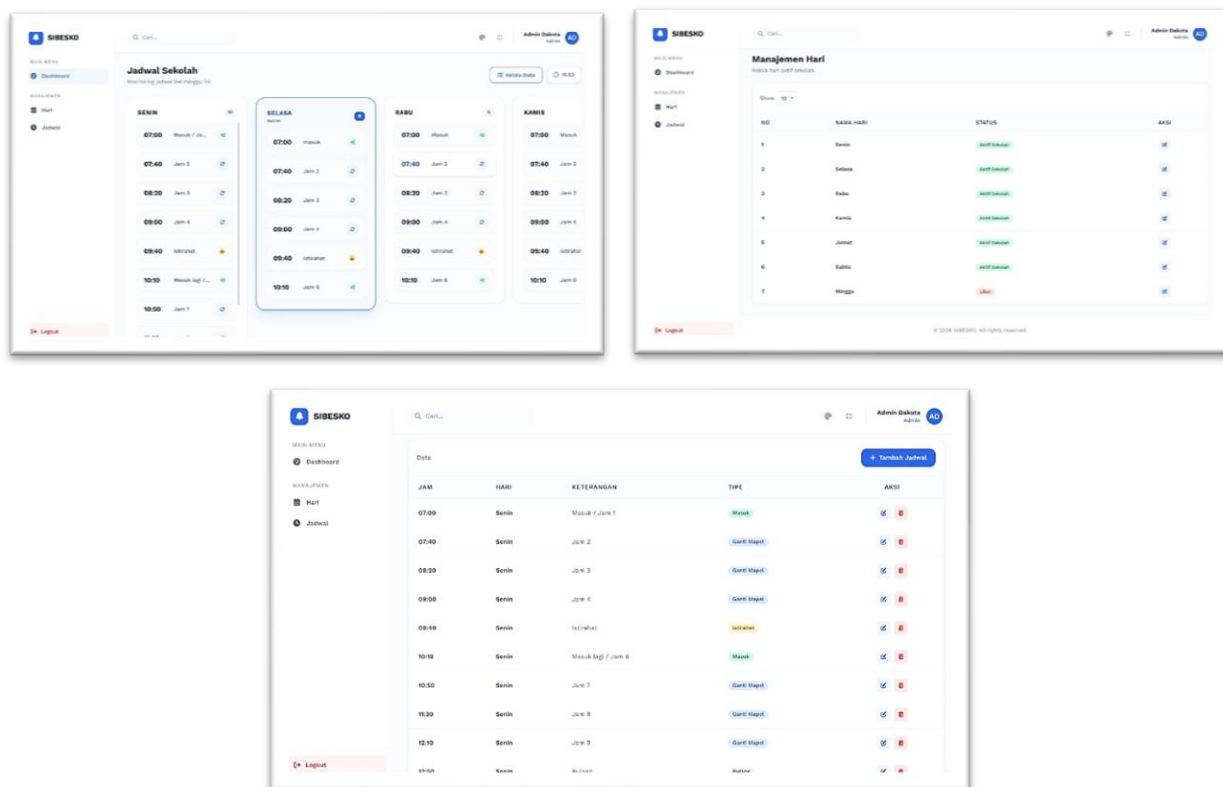
Antarmuka pengelolaan berbasis *web* dikembangkan sebagai bagian dari sistem bel sekolah otomatis untuk memudahkan administrator sekolah dalam melakukan pengaturan jadwal bel dan hari aktif sekolah. Antarmuka ini dapat diakses melalui peramban *web* tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan, sehingga bersifat fleksibel dan mudah digunakan. Gambar 4 berikut tampilan *login* antar muka muka sistem

bel sekolah otomatis berbasis IoT.



Gambar 4. Login Antar Muka Sistem Bel Sekolah Otomatis Berbasis IoT

Fitur utama pada antarmuka web meliputi tampilan *dashboard* jadwal bel, pengaturan hari aktif sekolah, serta form input jadwal bel, gambar 5 dibawah merupakan tampilan antarmuka web pengelolaan jadwal bel sekolah. Melalui *dashboard*, administrator dapat melihat jadwal bel yang telah tersimpan secara terstruktur. Menu pengaturan hari aktif memungkinkan penyesuaian jadwal bel sesuai kalender akademik sekolah, sedangkan form input jadwal digunakan untuk menambah atau mengubah jadwal bel tanpa perlu melakukan pemrograman ulang pada perangkat ESP32.



Gambar 5. Tampilan Antarmuka Web Pengelolaan Jadwal Bel Sekolah

3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian fungsional pada Tabel 2, seluruh skenario pengujian menunjukkan keberhasilan sistem dalam menjalankan fungsi utama secara konsisten. Hal ini mengindikasikan bahwa integrasi ESP32, sinkronisasi waktu NTP, dan pengelolaan jadwal berbasis web mampu bekerja secara andal

dalam mendukung otomasi bel sekolah. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan layak diterapkan pada lingkungan operasional sekolah. Hasil pengujian fungsional sistem ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Fungsional Sistem Bel Sekolah Otomatis

No	Skenario Pengujian	Input	Output yang Diharapkan	Hasil
1	Koneksi ESP32 ke WiFi	SSID dan Password	ESP32 terhubung ke jaringan	Berhasil
2	Sinkronisasi waktu NTP	Koneksi internet	Waktu terbaca akurat	Berhasil
3	jadwal bel Pencocokan	Waktu sesuai jadwal	Bel berbunyi otomatis	Berhasil
4	Pemutaran suara bel	File audio	Suara bel berbunyi	Berhasil
5	Operasi sistem berkelanjutan	Sistem aktif	Sistem berjalan stabil	Berhasil

Proses kerja sistem dimulai dari inisialisasi perangkat, sinkronisasi waktu melalui NTP, pencocokan jadwal, hingga pemutaran audio bel secara otomatis [9]. Implementasi perangkat keras menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi secara berkelanjutan dan kembali berjalan normal setelah perangkat dinyalakan ulang selama koneksi internet tersedia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa otomasi bel sekolah berbasis *Internet of Things (IoT)* mampu meningkatkan ketepatan waktu dan efisiensi pengelolaan aktivitas akademik di lingkungan sekolah. Sistem yang dikembangkan dapat beroperasi secara stabil dan membunyikan bel sesuai jadwal tanpa memerlukan intervensi manual, sehingga mengurangi ketergantungan pada peran manusia dalam pengelolaan waktu akademik. Temuan ini sejalan dengan konsep sistem terintegrasi yang menyatakan bahwa otomasi berbasis teknologi digital mampu meminimalkan kesalahan operasional dan meningkatkan konsistensi layanan [6].

Jika dibandingkan dengan sistem bel sekolah yang dioperasikan secara manual, sistem bel otomatis berbasis IoT memiliki keunggulan signifikan dalam hal konsistensi dan presisi waktu. Sistem manual sangat bergantung pada kehadiran dan kedisiplinan petugas atau guru piket, sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan atau ketidaksesuaian jadwal. Kondisi tersebut dapat berdampak pada terganggunya alur kegiatan belajar mengajar serta menurunkan tingkat disiplin waktu di sekolah. Sebaliknya, sistem bel otomatis berbasis ESP32 mampu menjalankan fungsi pembunyian bel secara terjadwal dan berulang dengan tingkat akurasi yang tinggi [5]. Selain aspek fungsional, tingkat penerimaan dan kepuasan pengguna juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan implementasi sistem berbasis teknologi, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian sebelumnya yang menganalisis kepuasan pengguna aplikasi digital di lingkungan pendidikan [10].

Sinkronisasi waktu berbasis *Network Time Protocol (NTP)* menjadi faktor kunci dalam menjaga konsistensi waktu *real-time* pada sistem yang dikembangkan. Dengan memanfaatkan sumber waktu eksternal yang terstandarisasi, sistem mampu memastikan bahwa jadwal bel dijalankan secara tepat sesuai waktu yang telah ditentukan. Mekanisme sinkronisasi ini berperan penting dalam mendukung keandalan sistem otomasi berbasis IoT, khususnya pada aplikasi yang sangat bergantung pada ketepatan waktu seperti sistem bel sekolah [8].

Selain aspek ketepatan waktu, integrasi antarmuka pengelolaan berbasis *web* memberikan nilai tambah yang signifikan terhadap fleksibilitas sistem. Antarmuka *web* memungkinkan administrator sekolah

untuk mengelola jadwal bel dan hari aktif sekolah secara dinamis tanpa perlu melakukan pemrograman ulang pada perangkat *ESP32*. Pendekatan ini tidak hanya mempermudah proses pengelolaan, tetapi juga mendukung prinsip *Smart School* yang menekankan pemanfaatan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi manajemen pendidikan [2]. Pengembangan sistem informasi dan aplikasi berbasis teknologi digital dalam lingkungan pendidikan juga telah diterapkan pada berbagai konteks, seperti aplikasi e-kantin mahasiswa berbasis *mobile* yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi layanan dan kemudahan akses pengguna [11].

Arsitektur sistem yang memadukan *ESP32*, sinkronisasi waktu NTP, modul pemutar audio, serta antarmuka *web* menunjukkan bahwa sistem bel sekolah otomatis dapat dibangun dengan struktur yang sederhana namun fungsional. Alur kerja sistem yang terintegrasi dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak memungkinkan sistem beroperasi secara berkelanjutan selama koneksi internet tersedia. Hal ini membuktikan bahwa rancangan arsitektur sistem bel berbasis IoT yang diterapkan sudah sesuai untuk kebutuhan operasional sekolah [9].

Secara praktis, sistem bel sekolah otomatis berbasis IoT yang dikembangkan berpotensi untuk direplikasi dan diadaptasi pada sekolah lain dengan kebutuhan serupa. Dengan menggunakan perangkat yang relatif terjangkau dan sistem pengelolaan berbasis *web* yang mudah digunakan, solusi ini dapat menjadi alternatif yang aplikatif dalam mendukung transformasi digital di lingkungan pendidikan, khususnya pada sekolah menengah dan vokasi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi teknis, tetapi juga mendukung penerapan konsep *Smart School* secara nyata di tingkat operasional sekolah.

Tabel 3. Perbandingan Sistem Bel Sekolah Manual dan Sistem Bel Sekolah Otomatis Berbasis IoT

No	Aspek Perbandingan	Sistem Bel Sekolah Manual	Sistem Bel Sekolah Otomatis Berbasis IoT
1	Metode pengoperasian	Dioperasikan secara manual oleh petugas atau guru piket	Beroperasi secara otomatis berdasarkan jadwal terprogram
2	Ketepatan waktu	Rentan keterlambatan dan ketidakkonsistenan waktu	Memiliki ketepatan waktu tinggi melalui sinkronisasi NTP
3	Ketergantungan pada manusia	Sangat bergantung pada kehadiran dan kedisiplinan petugas	Tidak bergantung pada intervensi manusia
4	Konsistensi pembunyian bel	Tidak konsisten akibat faktor kelalaian atau kesibukan	Konsisten sesuai jadwal akademik yang telah ditetapkan
5	Fleksibilitas pengaturan jadwal	Perubahan jadwal memerlukan penyesuaian manual	Jadwal dapat diubah melalui antarmuka <i>web</i>
6	Kemudahan pengelolaan	Kurang efisien dan memerlukan koordinasi manual	Mudah dikelola oleh administrator sekolah
7	Risiko kesalahan operasional	Tinggi, terutama akibat faktor manusia	Rendah karena sistem berjalan otomatis
8	Dukungan terhadap <i>Smart School</i>	Belum mendukung konsep <i>Smart School</i>	Mendukung penerapan konsep <i>Smart School</i>
9	Efisiensi manajemen akademik	Kurang efisien dalam jangka panjang	Meningkatkan efisiensi manajemen waktu akademik
10	Skalabilitas sistem	Sulit dikembangkan	Mudah dikembangkan dan direplikasi

Sistem yang telah diuji kemudian diterapkan di lingkungan nyata, yaitu di SMK Bina Sriwijaya Palembang. Sistem bel otomatis dipasang sebagai pengganti sistem manual dan digunakan dalam aktivitas operasional sekolah sehari-hari. Selain itu, sistem dilengkapi dengan antarmuka berbasis *web* yang

memungkinkan administrator sekolah untuk mengatur jadwal bel dan hari aktif secara fleksibel tanpa perlu melakukan pemrograman ulang pada perangkat.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan sistem bel sekolah otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* sebagai bagian dari implementasi konsep *Smart School*. Sistem yang dikembangkan mampu membunyikan bel sekolah secara otomatis sesuai jadwal yang telah ditentukan dengan tingkat keberhasilan 100% pada seluruh skenario pengujian. Pemanfaatan mikrokontroler *ESP32* sebagai pengendali utama serta sinkronisasi waktu berbasis *Network Time Protocol (NTP)* terbukti mampu meningkatkan ketepatan waktu dan konsistensi operasional sistem bel sekolah [5].

Selain meningkatkan ketepatan waktu, integrasi antarmuka pengelolaan berbasis *web* memberikan kemudahan bagi administrator sekolah dalam mengelola jadwal bel dan hari aktif sekolah secara fleksibel. Pengelolaan sistem yang sebelumnya dilakukan secara manual dapat digantikan dengan mekanisme digital yang lebih efisien dan terpusat, sehingga mengurangi potensi kesalahan operasional akibat faktor manusia. Penerapan sistem bel sekolah otomatis berbasis IoT ini juga sejalan dengan arah pemanfaatan teknologi digital dalam mendukung pengelolaan dan peningkatan kualitas pendidikan di Indonesia [12].

Secara teoretis, hasil penelitian ini memperkuat pemanfaatan teknologi IoT sebagai fondasi pengembangan sistem otomasi di bidang pendidikan, khususnya dalam pengelolaan waktu akademik [1]. Penelitian ini melengkapi kajian sebelumnya dengan menghadirkan sistem bel sekolah otomatis yang tidak hanya berfokus pada otomasi dasar, tetapi juga mengintegrasikan antarmuka pengelolaan berbasis *web* sebagai bentuk penerapan konsep *Smart School* yang lebih aplikatif.

Secara praktis, sistem bel sekolah otomatis berbasis IoT yang dikembangkan bersifat aplikatif, mudah direplikasi, dan relevan untuk diterapkan pada sekolah menengah maupun sekolah vokasi dengan kebutuhan serupa. Penelitian lanjutan disarankan untuk menambahkan modul *Real Time Clock (RTC)* sebagai cadangan waktu guna meningkatkan keandalan sistem ketika koneksi internet tidak tersedia, serta melakukan pengujian jangka panjang pada skala sekolah yang lebih luas untuk mengevaluasi stabilitas dan kinerja sistem secara menyeluruh.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak SMK Bina Sriwijaya Palembang yang telah memberikan izin dan dukungan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pengumpulan data, pengujian sistem, serta penyelesaian penelitian ini sehingga dapat disusun dan dipublikasikan dalam bentuk artikel ilmiah.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] L. Fernando, W. Viana, And F. Trinta, “*Transposition Of Location-Based Games : Using Procedural Content Generation To Deploy Balanced Game Maps To Multiple Locations,*” *Pervasive Mob. Comput.*, Vol. 70, P. 101302, 2021, Doi: 10.1016/J.Pmcj.2020.101302.

Received: 12-01-2026 | Accepted: 03-04-2026 | Published Online: 30-04-2026

All author: *Dakota Fathir Rahman, Fatoni*

- [2] K. Zeeshan And T. Hämmäläinen, “*Internet Of Things For Sustainable Smart Education : An Overview*,” 2022.
- [3] I. O. P. C. Series And M. Science, “*Internet Of Things (Iot): Web Learning For Smart School System*,” 2020, Doi: 10.1088/1757-899x/830/3/032042.
- [4] M. Mircea, M. Stoica, And B. Ghilic-Micu, “*Investigating The Impact Of The Internet Of Things In Higher Education Environment*,” Vol. 9, 2021, Doi: 10.1109/Access.2021.3060964.
- [5] R. Z. Mahmood, “*High Accurate Automatic School Bell Controller Based On*,” Vol. 4, No. 10, Pp. 126–144, 2022.
- [6] A. Prayoga, A. Fauzi, I. G. Prahmana, And S. K. Binjai, “*Optimization Of The Automatic Bell System Of Stmik Kaputama With Time Control Based On Smartphone Using Nodemcu*,” Vol. 5, No. 1, Pp. 2–7, 2025.
- [7] S. Bel, D. A. N. Jadwal, P. Di, And B. Iot, “*Prosiding Seminar Nasional*,” 2025.
- [8] B. Badihi, “*Overview Of Time Synchronization For Iot Deployments : Clock Discipline Algorithms*,” 2020, Doi: 10.3390/S20205928.
- [9] E. Systems, “*Esp32 Series Datasheet*,” Shanghai, 2023. [Online]. Available: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/resources>
- [10] P. Studi, S. Informasi, And U. B. Darma, “*Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna Aplikasi Spa Dinas Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Provinsi Sumatra Selatan Menggunakan Usability Testing*,” Vol. 16, No. 03, Pp. 308–320, 1871.
- [11] A. Lelitasari *Et Al.*, “*Aplikasi E Kantin Mahasiswa Berbasis Mobile Pada*,” No. 02, Pp. 107–113.
- [12] A. Cahyadi Maseri, “*Pemanfaatan Teknologi Iot Untuk Mendukung Pembelajaran Interaktif Dan Pengelolaan Sarana Prasarana Di Lembaga Pendidikan Islam Utilization Of Iot Technology To Support Interactive Learning And Management Of Facilities In Infrastructure In Islamic Educatio*,” *Sibatik J. | Vol.*, Vol. 4, No. 6, Pp. 899–918, 2025, [Online]. Available: <https://publish.ojs-indonesia.com/index.php/>