IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *INTERNET OF THINGS* (IOT) DALAM MEWUJUDKAN SEKOLAH CERDAS (SMART SCHOOL)

Otomatis Bel Sekolah, Pintu Gerbang, dan Sistem Penyiraman Tanaman guna Meningkatkan Efisiensi dan Keamanan Lingkungan Belajar

—KARYA ILMIAH—

Disusun Oleh

Raihan Ahmad Munandar	(242510200/0093785483)
Rasya Ibrahim Syakieb	(242510203/0088616830)
Reisya Marwah Suhendra	(242510206/0077874498)
Sri Sundari	(242510251/0086482740)
Wandi Jamaludin	(242510269/0096427056)
Zihni Annastasya	(242510288/0081750937)

XII F

SMA NEGERI 2 KLARI KARAWANG

TAHUN AJARAN 2026/2027

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, karya tulis ilmiah yang berjudul "Implementasi Teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam Mewujudkan Sekolah Cerdas (*Smart School*): Otomatisasi Bel Sekolah, Pintu Gerbang, dan Sistem Penyiraman Tanaman Guna Meningkatkan Efisiensi dan Keamanan Lingkungan Belajar" ini dapat diselesaikan dengan baik.

Karya tulis ini disusun untuk menguraikan pemanfaatan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam menciptakan efisiensi operasional serta memperkuat sistem keamanan di lingkungan sekolah. Diharapkan gagasan ini dapat memberikan gambaran mengenai penerapan teknologi modern di fasilitas pendidikan.

Dalam penyusunan karya tulis ini, tim penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Topan Sopyan, S.Kom.,Gr. Selaku Guru pengampu Mata Pelajaran Informatika yang telah memberikan tugas dan kesempatan kepada tim penulis untuk menyusun serta mengembangkan karya tulis ilmiah ini.
2. Orang tua dan keluarga dari masing-masing anggota kelompok yang senantiasa memberikan dukungan moral maupun material.
3. Rekan-rekan satu kelompok serta semua pihak yang berkontribusi dan memberikan masukan selama proses penyusunan.

Tim penulis menyadari bahwa karya tulis ilmiah ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sangat diharapkan demi perbaikan karya-karya selanjutnya. Semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di lingkungan sekolah.

Karawang, 23 Agustus 2026

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **ii**
DAFTAR GAMBAR ..... **iv**
DAFTAR TABEL ..... **v**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 1
1.3 Tujuan Penelitian 1
1.4 Manfaat Penelitian 1
1.4.1 Bagi Murid 1
1.4.2 Bagi Sekolah 1
1.4.3 Bagi Penulis 2
BAB II KAJIAN PUSTAKA **3**
2.1 Konsep Sekolah Cerdas 3
2.2 Konsep Dasar *Internet of Things* (IoT) 3
2.3 Perangkat Hardware & Komponen Utama IoT 3
2.3.1 Mikrokontroler (ESP32 / ESP8266) 3
2.3.2 Modul Real-Time Clock (RTC DS3231) 3
2.3.3 Sensor Ultrasonik (HC-SR04) 4
2.3.4 Sensor Kelembapan Tanah (Soil Moisture Sensor) & Sensor Suhu 4
2.3.5 Aktuator (Relay, motor servo/DC, Pompa Air) 4
2.4 Sistem Bel Sekolah Otomatis (Automatic Ring Bell) 4
2.5 Sistem Pintu Gerbang Otomatis (Automatic Sliding Gate) 4
2.5.1 Mode Otomatis (Sensoric): 4
2.5.2 Mode Kendali Jarak Jauh 4
2.6 Sistem Penyiram Tanaman Otomatis (Automatic Watering Plant) 4
BAB III METODE PENELITIAN **6**
3.1 Jenis Pendekatan Penelitian 6
3.2 Tahapan Penelitian (Workflow) 6
3.2.1 Identifikasi Masalah & Studi Literatur 6
3.2.2 Analisis Kebutuhan Alat & Bahan 6
3.2.3 Perancangan Sistem (Design) 6
3.2.4 Implementasi & Pembuatan Protipe 7

3.2.5 Pengujian & Analisis Kinerja 7
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian 7
3.4 Alat dan Bahan Penelitian 7
3.4.1 Perangkat Keras 7
3.4.1 Perangkat lunak (Software) 7
3.6 Teknik Analisis Data 8
BAB IV PERANCANGAN SISTEM 9
4.1 Arsitektur Jaringan dan Integrasi Sistem IoT 9
4.2 Perancangan Sub-Sistem Automatic Ring Bell 9
4.3 Perancangan Sub-Sistem Automatic Sliding Gate 9
4.4 Perancangan Sub-Sistem Automatic Watering Plant 10
4.5 Spesifikasi Peranngkat keras (*Hardware*) 10
4.5.1 Komponen Automatic Watering plant (Penyiraman Otomatis) 10
4.5.2 Komponen Automatic Ring Bell (Bel Otomatis) 11
4.5.3 Komponen Automatic Sliding Gate (Gerbang Otomatis) 12
4.6 Pengujian dan Pengukuran Kinerja Sistem Otomatis 13
4.6.1 Pengujian Automatic Ring Bell 13
4.6.2 Pengujian Automatic Sliding Gate 13
4.6.3 Pengujian Automatic Watering Plant 14
4.7 Analisis Dampak Terhadap Ekosistem Sekolah dan Siswa 14
BAB V PENUTUP 15
5.1 Kesimpulan 15
5.2 Saran 15
DAFTAR PUSTAKA 16

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Komponen Utama Perngkat keras: (a) Mikrokontroler ESP32/ESP8266, (b) Soil Moisture Sensor, (c) DHT11/DHT22, (d) Modul Relay 1-Channel, (e) Pompa Air Mini DC, (f) Selang air & Dripper/Nozzle 11
Gambar 3. 2 (a) Modul RTC DS3231, (b) CR2032 (3V), (c) Bel Listrik AC/Buzzer, (d) Kabel Jumper. 12
Gambar 3. 3 (a) Ultrasonik HC-SR04, (b) Motor River L298N, (c) Motor DC Gearbox/Stepper, (d) Limit Switch, (e) Adaptor 12V C. 13

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Spesifikasi Perangkat Keras (Hardware) Sub-Sistem Automatic Watering Plant 10
Tabel 4. 2 Spesifikasi Perangkat Keras (Hardware) Automatic Ring Bell (Bel Otomatis) 11
Tabel 4. 3 Spesifikasi Perangkat Keras (Hardware) Automatic Sliding Gate (Gerbang Otomatis) 12

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membawa perubahan besar pada peradaban manusia terutama pada otomatisasi sistem operasional. Namun, sebagian sekolah masih mengandalkan prosedur manual untuk menandai waktu KBM, membuka gerbang, dan menyiram tanaman. Ketergantungan manual ini dapat memicu timbulnya *Human Error*, seperti ketidaktepatan waktu bel, kendaraan yang menunggu sampai gerbang di buka oleh seseorang, serta ketidakteraturan penyiraman tanaman akibat kelalaian atau bahkan keterlupaan oleh warga sekolah. Integrasi tiga sistem otomatis—*automatic ring bell*, *automatic sliding gate*, dan *automatic watering plant*—menjadi solusi cerdas untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kelestarian lingkungan sekolah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan mengintegrasikan sistem *Automatic Ring Bell, Sliding Gate, Watering Plant* berbasis *Internet of Things* (IoT) di lingkungan sekolah?
2. Bagaimana kinerja dan tingkat akurasi masing-masing perangkat sensor serta aktuator dalam menjalankan ketiga perangkat tersebut secara *real-time*?
3. Apa dampak dari penerapan sistem Smart School berbasis IoT ini terhadap sekolah, dan kelestarian lingkungan bagi siswa?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang serta mengintegrasikan arsitektur sistem *Smart School* yang menghubungkan perangkat komunikasi, sensor, dan aktuator berbasis IoT (*Ring Bell*, *Sliding Gate*, dan *watering Plant*).
2. Menguji fungsi dan kendala kerja sensor serta aktuator dalam merespon perintah otomatis maupun kendali jarak jauh.
3. Menganalisis dampak langsung penerapan teknologi *Smart School* dalam mengoptimalkan kedisiplinan jadwal belajar, memperketat keamanan gerbang, serta keasrian lingkungan sekolah.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Murid

Meningkatkan kedisiplinan dan kepastian alokasi waktu belajar tanpa terganggu keterlambatan bel sekolah (Setiawan & Rahmad, 2021), memberi rasa aman dan kenyamanan mobilitas saat memasuki area sekolah (Hidayat et al., 2021), dan menciptakan lingkungan belajar yang asri dan bersih serta memberikan pemahaman praktis mengenai penerapan IoT di kehidupan nyata (Ardianti, 2021; Latif, 2021).

1.4.2 Bagi Sekolah

Membantu efisiensi tugas operasional tenaga kependidikan dan petugas kebersihan melalui otomatis sistem (Latif, 2021; Setiawan & Rahmad, 2021) Meningkatkan standar keamanan dan modernisasi fasilitas menuju ekosistem *Smart School* (Pratama & Handayani, 2020), dan mengoptimalkan penggunaan

sumber daya, seperti penghematan konsumsi air dan daya listrik (Ardianti, 2021).

1.4.3 Bagi Penulis

Mengembangkan keterampilan teknis dan pemahaman mendalam mengenai integrasi sensor, aktuator, dan jaringan IoT (Latif, 2021), Menjadi referensi akademis untuk pengembangan penelitian teknologi tepat guna sektor pendidikan (Pratama & Handayani, 2020).

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Konsep Sekolah Cerdas

Sekolah Cerdas (*Smart School*) merupakan konsep modernisasi lingkungan pendidikan melalui integrasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) serta *Internet of Things (IoT)* untuk meningkatkan efisiensi operasional, keamanan, dan kenyamanan proses belajar mengajar (Pratama & Handayani, 2020). Penerapan *Smart School* bertujuan untuk menstransformasi sistem pengelolaan fasilitas sekolah yang sebelumnya dilakukan secara manual menjadi terotomatis dan terpusat (Setiawan dan Rahma, 2021). Dengan adanya otomatis pada fasilitas fisik seperti bel penanda waktu, pintu gerbang, dan penyiram tanaman, beban kerja operasional staf sekolah dapat direduksi secara signifikan sehingga menciptakaan ekosistem belajar yang lebih efektif, terstruktur, dan produktif (Hidayat et al., 2021).

2.2 Konsep Dasar *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah arsitektur jaringan yang menghubungkan berbagai perangkat fisik dan aktuator ke jaringan internet, sehingga perangkat-perangkat tersebut dapat saling berkomunikasi, mengumpulkan, dan bertukar data tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung (Ardianti, 2021). Arsitektur dasar IoT terdiri dari tiga lapisan utama (Latif, 2021):

1. **Perception Layer (Perangkat input)**
   Terdiri dari sensor-sensor fisik yang berfungsi mendeteksi fenomena lingkungan, seperti suhu, kelembapan, jarak, dan acuan waktu.
2. **Network Layer (Media Transmisi)**
   Berupa modul komunikasi Wi-Fi atau internet yang mentransmisikan data dri perangkat fisik ke server/aplikasi
3. **Aplication Layer (Perangkat Output/ User Interface)**
   Berupa perangkat digital (aplikasi/web) dan aktuator yang mengeksekusi aksi nyata berdasarkan pemrosesan.

2.3 Perangkat Hardware & Komponen Utama IoT

Dalam merancang sistem *Smart School* digunakan kombinasi komponen elektronik sebagai pilar utama pengontrolan (Latif, 2021; Setiawan & Rahmad, 2021).

2.3.1 Mikrokontroler (ESP32 / ESP8266)

Berfungsi sebagai pusat pemrosesan data (brain) yang dilengkapi dengan modul Wi-Fi internal untuk mengirim an menerima data dari jaringan internet (Ardianti, 2021).

2.3.2 Modul Real-Time Clock (RTC DS3231)

Merupakan komponen pewaktu elektronik berpresisi yang tinggi yang menyimpan data waktu (jam, menit, detik, tanggal) secara *real-time* dengan bantuan baterai cadangan (CR2032), sehingga waktu tetap akurat meskipun perangkat terputus dari daya utama atau jaringan internet (Setiwan & Rahmad, 2021).

2.3.3 Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

Sensor yang memanfaatkan gelombang suara ultrasonik untuk mengukur jarak antara sensor dengan objek di depannya, digunakan untuk mendeteksi kendaraan atau manusia (Hidayat et al., 2022).

2.3.4 Sensor Kelembapan Tanah (Soil Moisture Sensor) & Sensor Suhu

Sensor elektrokimia yang mengukur kadar air di dalam media berdasarkan tingkat konduktivitas listrik tanah, serta mengukur temperature udara sekitar (Latif, 2021).

2.3.5 Aktuator (Relay, motor servo/DC, Pompa Air)

Aktuator adalah penggerak fisik. *Relay* berfungsi sebagai sakelar elektronik untuk menyalakan bell atau pompa air, sedangkan motor servo/DC digunakan sebagai penggerak mekanis untuk membuka dan menutup pintu gerbang (Hidayat et al., 2022: Latif, 2021).

2.4 Sistem Bel Sekolah Otomatis (Automatic Ring Bell)

Automatic Ring Bell memanfaatkan modul *Real-time clock* (RTC) presisi tinggi dan mikrokontroler. Saat waktu pada RTC cocok dengan jdwan pelajaran atau KBM di basis data, mikrokontroler memicu *relay* untuk membunyikan bel otomatis tanpa intervensi manual (Setiawan & Rahmad, 2021). Prinsip kerja sistem ini mengandalkan pemanduan antara modul RTC lokal dan sinkronisasi server NTP (*Network Time Protokol*) melalui jaringan internet. Ketika data waktu RTC mencocokn jadwal pelajaran yang tersimpan dalam memori mikrokontroler, mikrokontroler akan mengirim sinyal logika *HIGH* ke modul *relay*, yang kemudian menyalurkan alur listrik ke bel sekolah selama durasi yang ditentukan (Setiawan & Rahmad, 2021). Pengontrolan jarak jauh memungkinkan pihak sekolah mengubah jadwal bel secara fleksibel melalui perangkat digital tanpa harus mengubah rangkaian alat fisik (Pratama & Handayani, 2020).

2.5 Sistem Pintu Gerbang Otomatis (Automatic Sliding Gate)

Automatic Sliding Gate berbasis IoT menggabungkan fungsi keamanan dan kelancaran aksebilitas mobilitas di area masuk sekolah (Hidayat et al., 2022). Sistem ini bekerja dalam dua mode utama:

2.5.1 Mode Otomatis (Sensoric):

Sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan kendaraan atau orang pada jarak pemicu tertentu (misalnya < 1meter), lalu mikrokontroler menginstruksikan motor driver untuk menggerakan pintu gerbang secara otomatis (Hidayat et al., 2022).

2.5.2 Mode Kendali Jarak Jauh

Pengguna atau petugas keamanan dapat membuka atau menutup gerbang dari jarak jauh menggunakan aplikasi *smartphone* yang terhubung melalui internet saat dalam kondisi khusus (Hidayat et al., 2022).

2.6 Sistem Penyiram Tanaman Otomatis (Automatic Watering Plant)

Penyiraman tanaman otomatis merupakan bentuk penerapan teknologi IoT di bidang pemeliharaan lingkungan ekologis sekolah (Ardianti, 2021). Secara konvensional, penyiraman tanman sering kali tidak terukur dan tidak teratur. Menggunakan sensor *soil moisture*, sistem dapat membaca persentase tingkat

kelembapan tanah secara *real-time* (Latif, 2021). Jika menilai kelembapan di bawah ambang batas (*Threshold*) yang ditentukan (misalnya tanah kering < 30%), mikrokontroler akan mengaktifkan *relay* untuk menyalakan pompa air otomatis (Latif, 2021). Penerapan logika tambahan seperti algoritma *fuzzy sugeno* dapat mengoptimalkan durasi penyiraman berdasarkan kombinasi data kelembapan dan suhu udara, sehingga data penggunaan air menjadi efisien (Ardianti, 2021).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan R&D (*Reasearch and Development*) atau metode Rekayasa Sistem Berbasis Perangkat Keras dan Perangkat Lunak (*Hardware and Software Engineering*). Metode ini digunakan untuk merancang membangun, menguji, dan mengevaluasi prototipe sistem *Smart School* berbasis *Internet of Thing* (IoT) yang mencakup tiga sub-sistem utama (*Automatic Ring Bell, Automatic Sliding Gate,* dan *Automatic Watering Pla*)*nt*).

3.2 Tahapan Penelitian (Workflow)

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan terstruktur sebagaai berikut:

[Identifikasi Masalah & Studi Literatur]

↓

[Analisis Kebutuhan Sistem & Alat]

↓

[Perancangan Arsitektur Hardware & Software]

↓

[Pembuatan & Implementasi Prototipe]

↓

[Pengujian Sistem & Validasi Data]

↓

[Analisis Hasil Pengujian & Penyusunan Laporan]

3.2.1 Identifikasi Masalah & Studi Literatur

Mengkaji kendala operasional di sekolahm seperti ketidaktepatan waktu bel, penumpukan kendaraan di gerbang, dan penyiraman tanaman yang kurang teratur. Selain itu, dilakukan pengumpulan referensi pustaka terkait mikrokontroler (ESP32/ESP8266), modul RTC 3231, sensor ultrasonik (HC-SR04), dan sensor *soil moisture*.

3.2.2 Analisis Kebutuhan Alat & Bahan

Mengidentifikasi serta menetapkan komponen peraangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang dibutuhkan untuk membangun ketiga sub-sistem.

3.2.3 Perancangan Sistem (Design)

Merancangarsitektur jaringan IoT, diagram blok interksi antar komponen, serta skema alur kerja logis (flowchart) dari masing-masing sub-sistem.

3.2.4 Implementasi & Pembuatan Protipe

Merangkai komponen *hardware* (mikrokontroler, sensor, *relay*, motor penggerak, pompa) dan melakukan pemograman logika sistem (*coding*) menggunakan Arduino IDE / platform terkait.

3.2.5 Pengujian & Analisis Kinerja

Melakukn uji coba fungsi alat (*black-box testing*) serta mengukur tingkat presisi, sensitivitas, dan waktu respon (*response time*) dari masing-masing sensor an akuator

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

a. Lokasi Penelitian: SMAN 2 Klari, Karawang

b. Waktu Pelaksanaan: Semester Ganjil / Genap Tahun Ajaran 2026/2027 (Agustus 2026)

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Perangkat Keras

1. Mikrokontroler: ESP32/ESP8266 NodeMCU.
2. Sub- Sistem Auto Ring Bell: Moul RTC DS3231, Baterai CR2032 (3V), Modul Relay 1-Chanel, Bel Listrik / Buzzer AC.
3. Sub-Sistem Automatic Sliding Gate: Sensor Ultrasonik (HC -SR04), Motor Driver (L298N), Motor DC Gearbox /Stepper, *Limit Swich* , Aaptor 12V DC.
4. Sub- sistem Automtic Watering Plant: Sensor kelembapan Tanah (Soil Moisture), Sensor Suhu & kelembaban Udara (DCT11), Pompa Air Mini Dx , selang & Dripper/ Nozzle.
5. Komponen pendukung: Kabel jumper (Male-Female), breabord, dan adaptor daya.

3.4.1 Perangkat lunak (Software)

Data penelitian diperoleh melalui serangkaian pengujian langsung terhadap kinerja prototipe

Tabel 3. 1 Pengujian dan Pengumpulan Data

Sub-Sistem	Prameter Yang Diuji	Metode Pengujian	Indikator Keberhasilan
Automatic Ring Bell	Akursi waktu pemicuan bel	Membandingkan kecocokan jampemicu RTC dengan jadwal KBM resmi.	Bel berbunyi tepat waktu (akurasi 100%) selama durasi 5 detik tanpa deviasi keterlambatan.
Automatic Sliding Gate	Jarak deteksi & waktu respon *(response time)*	Menguji respon sensor ultrasonik terhadap objek pada variasi jarak (10cm – 100 cm).	Motor driver menggerakkan pintu gerbang dalam waktu respon <1,5 detik

			sat objek berada pada jarak <100 cm.
Automatic Watering Plant	Respon sensor kelembapan tanah	Mengukur tingkat kelembapan tanah pda kondisi kering (<30%) dan basah/optimal.	Pompa air otomatis menyala *(relay ON)* saat kelembapan <30% dan mati (*relay OFF)* saat mencapai kondisi optimal.

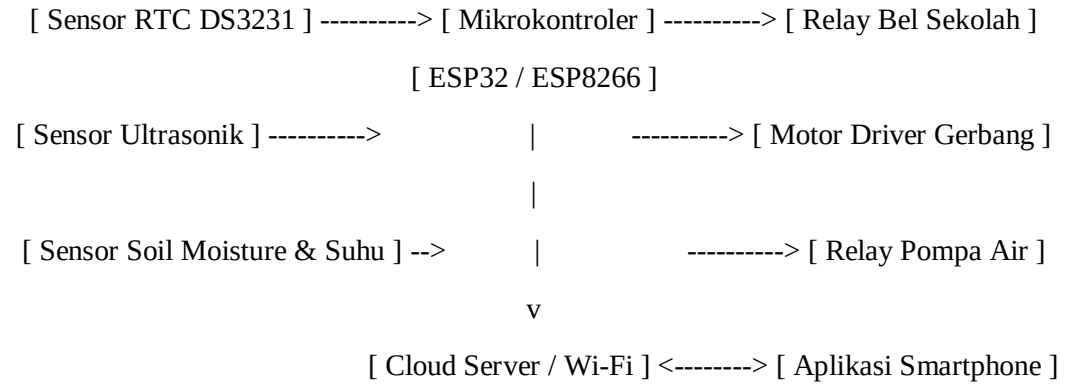
3.6 Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian kualitatif (waktu respon, jarak deteksi, persentase kelmbapan) dianalisis secara **deskriptif komperatif.** Kinerja sistem otomatif ibaningkn secara langsung engan efesiensi dan tingkat keandalan prosedur operasional manual sebelum adanya sistem *Smart school.*

BAB IV
PERANCANGAN SISTEM

4.1 Arsitektur Jaringan dan Integrasi Sistem IoT

Perancangan sistem *Smart School* menggabungkan tiga perangkat utama dalam satu arsitektur jaringan berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler (ESP32/ESP8266) yang terhubung ke jaringan internet. Data dari setiap sensor dikirim ke mikrokontroler untuk diproses, lalu mengeksekusi tindakan nyata melalui aktuator serta menampilkan status perangkat pada antarmuka *aplikasi/web.*



4.2 Perancangan Sub-Sistem Automatic Ring Bell

Sub-sistem ini dirancang untuk membunyikan bel sekolah secara presisi sesuai dengan jadwal KBM yang telah ditentukan.

a. **Perangkat Hardware**: Mikrokontroler ESP32, Modul RTC DS3231, Modul *Relay* 1-*Channel*, dan bel listrik.
b. **Alur Kerja Sistem**:
    1. Modul RTC DS3231 secara kontinu membaca waktu lokal (jam, menit, detik.
    2. Mikrokontroler mencocokan waktu RTC dengan basis data jadwal KBM yang tersimpan di memori server.
    3. Jika waktu sesuai, mikrokontroler mengirim sinyal *HIGH* ke modul *relay* selama 5 detik untuk mengaktifkan bel.
    4. Jawdal bel dapat diubah secara fleksibel melalui aplikasi web tanpa harus membongkar alat.

4.3 Perancangan Sub-Sistem Automatic Sliding Gate

Sub-sistem ini mengendalikan mekanisme pintu gerbang sekolah secara otomatis demi kelancaran mobilitas dan kemanan (Hidayat et al.,2022).

a. **Perangkat Hardware:** Mikrokontroler ESP32, Sensor Ultrasonik HC-SR04, Motor Driver (L298N), Motor DC/Stepper, dan Limiter Switch (Hidayat et al., 2022).
b. **Alur Kerja Sistem:**
    1. Sensor Ultrasonik mengukur jarak objek (kendaraan/ manusia) yang mendekati gerbang (Hidayat et al.,2022).

2. Jika objek terdeteksi pada jarak <100 cm, mikrokontroler menginstruksikan motor *driver* untuk memutar motor DC guna membuka pintu gerbang (Hidayat et al., 2022).
3. Setelah objek melintas dan jarak kembali >100 cm (dengan *delay* jeda 5 detik), motor akan berputar balik untuk menutup gerbang (Hidayat et al., 2022).
4. Petugas keamanan juga dapat mengontrol buka-tutup gerbang secara manual melalui tombol di aplikasi *smartphone* (Hidayat et al.,2022).

4.4 Perancangan Sub-Sistem Automatic Watering Plant

Sub-sistem ini bertugas menjaga keasrian lingkungan sekolah dengan mengatur penyiraman tanaman secara terukur (Ardianti , 2021; Latif, 2021).

a. **Perangkat Hardware :** Mikrokontroler ESP32, Sensor *Soil Moisture*, Sensor Suhu (DHT11), Modul Relay, dan Pompa Air Mini DC (Latif, 2021).
b. **Alur Kerja Sistem:**
   1. Sensor *Soil Moisture* tancap mendeteksi tingkat kelembapan tanah secara real time (Latif, 2021).
   2. Jika tingkat kelembapan tanah berada di bawah ambang batas yang ditentukan (<30%), mikrokontroler akan mengaktifkan *relay* untuk menyalakan pompa air (Latif, 2021).
   3. Pompa akan menyiram tanaman hingga kelembapan tanah mencapai kondisi optimal (Latif, 2021).
   4. Data kelembapan dan histori penyiraman dikirimkan ke aplikasi monitoring pengguna (Ardianti, 2021).

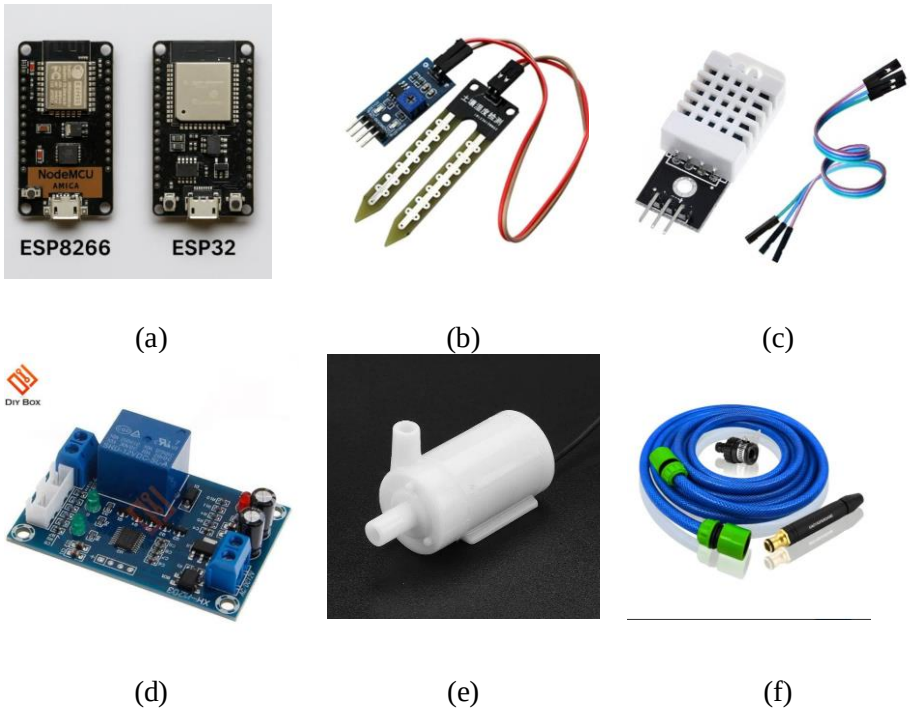
4.5 Spesifikasi Peranngkat keras (*Hardware*)

4.5.1 Komponen Automatic Watering plant (Penyiraman Otomatis)

Tabel 4. 1 Spesifikasi Perangkat Keras *(Hardware)* Sub-Sistem Automatic Watering Plant

No	Nama Komponen	Spesifikasi / Tipe	Fungsi Utama
1.	Mikrokontroler	ESP32 / ESP8266	Memproses data batas kelembaban dan mengatur durasi penyiraman
2.	Sensor Kelembaban	Soil Moisture Sensor (Capacitive/Resistive)	Mengukur tingkat kelembaban atau kadar air dalam media tanam
3.	Sensor Lingkungan	Sensor Suhu & Udara (DHT11/DHT22)	Membac suhu dan kelembaban udaara di sekitae area tanaman
4.	Sakelar Elektronik	Modul *Relay* 1-channel (5V)	Mengendalikan Aliran Listrik Untuk menghiupkan dan mematikan pompa
5.	Akuator Penyiraman	Pompa Air Mini DC (Submersible Pump 5V/12V)	Menyedot dan mengalirkan air dari tangki penampungan ke tanaman
6.	Output Mekanis	Selang Air & Dripper/Nozzle	Menyalurkan dan menyemprotkan air ke

			media tanam secara terukur.



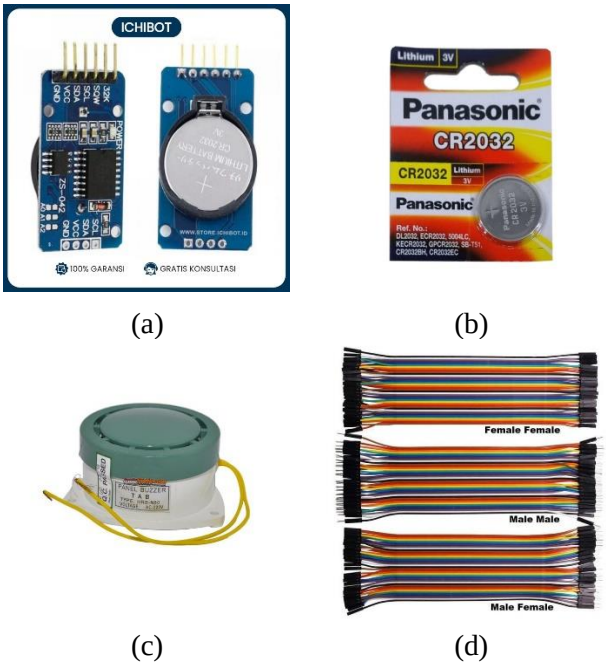
Gambar 3. 1 Komponen Utama Perngkat keras: (a) Mikrokontroler ESP32/ESP8266, (b) Soil Moisture Sensor, (c) DHT11/DHT22, (d) Modul Relay 1-Channel, (e) Pompa Air Mini DC, (f) Selang air & Dripper/Nozzle

4.5.2 Komponen Automatic Ring Bell (Bel Otomatis)

Tabel 4. 2 Spesifikasi Perangkat Keras (Hardware) Automatic Ring Bell (Bel Otomatis)

No	Nama Komponen	Spesifikasi / Tipe	Fungsi Utama
1.	Mikrokontroler	ESP32 / ESP8266	Pusat pemerosesan data, penyimpanan logika jawal KBM, dan penghubung Wi-Fi.
2.	Sensor Pewaktu	Modul RTC DS3231	Menyimpan dan menyediakan data waktu (*real-time*) berpresisi tinggi
3.	Baterai Cadangan	CR2032 (3V)	Menjaga modul RTC tetap berjalan saaat daya utama/listrik padam
4.	Sakelar Elektronik	Modul *Relay* 1-Channel	Memutus dan menyambung arus listrik ke bel sekolah

5.	Indikator / Output	Bel Listrik AC / Buzzer	Mengeluarkn bunyi penanda pergantian jam pelajaran
6.	Komponen Pendukung	Kabel *Jumper* & Adaptor 5V	Jalur koneksi antarpin dan sumber daya listrik sistem



(a) (b)

(c) (d)

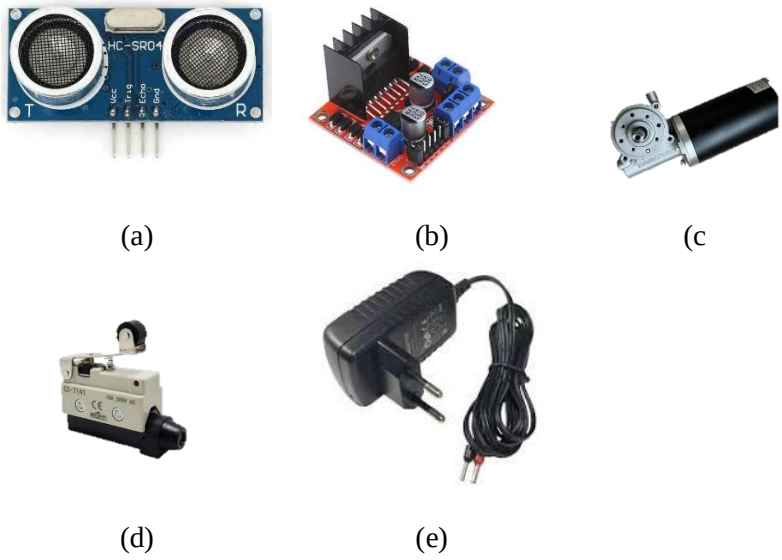
Gambar 3. 2 (a) Modul RTC DS3231, (b) CR2032 (3V), (c) Bel Listrik AC/Buzzer, (d) Kabel Jumper.

4.5.3 Komponen Automatic Sliding Gate (Gerbang Otomatis)

Tabel 4. 3 Spesifikasi Perangkat Keras (Hardware) Automatic Sliding Gate (Gerbang Otomatis)

No	Nama Komponen	Tipe / Spesifikasi	Fungsi Utama
1.	Mikrokontroler	ESP32 / ESP8266	Otak pengelolah sinyal pemicu sensor dan perintah aplikasi
2.	Sensor Jarak	Ultrasonik HC-SR04	Mendeteksi keberadaan objek/kendaraan yang mendekati gerbang
3.	Pengontrol Motor	Motor river L298N	Mengatur arah putaran (buka/tutup) dan daya untuk motor penggerak
4.	Penggerak Mekanis	Motor C Gearbox / Stepper	Menggerakan pintu gerbang geser

5.	Pembatas Gerak	*Limit Switch* / Sensor Halangan	Membatasi laju gerbang agar berhenti tepat saat terbuka/tertutup penuh
6.	Power Supply	Adaptor 12V DC	Menyediakan daya yang cukup untuk motor penggerak dan mikrokontroler



Gambar 3. 3 (a) Ultrasonik HC-SR04, (b) Motor River L298N, (c) Motor DC Gearbox/Stepper, (d) Limit Switch, (e) Adaptor 12V C.

4.6 Pengujian dan Pengukuran Kinerja Sistem Otomatis

4.6.1 Pengujian Automatic Ring Bell

Pengujian dilakukan dengan menguji akurasi respon bel Listrik terhadap kecocokan jadwal KBM yang diinput melalui aplikasi.

1. **Hasil Pengujian:** Pengujian selama lima hari kerja menunjukan bahwa modul RTC DS3231 yang tersinkronisasi dengan jaringan mampu memicu *Relay* bel dengan Tingkat akurasi 100% tepat waktu pada jam yang ditentukan (Setiawan& Rahmad, 2021).
2. **Pembahasan :** Penggunaan bel otomatis ini berhasil mengeliminasi deviasi keterlambatan penanda waktu KBM (rata-rata 3-5 menit) yang kerap terjadi pada prosedur manual akibat kelalaian petugas piket (Setiawan & Rahmad, 2021).

4.6.2 Pengujian Automatic Sliding Gate

Pengujian dilakukan untuk mengukur sensitivitas sensor ultrasonic dalam mendeteksi jarak objek kendaraaan atau penjaga kaki yang mendekati gerbang.

1. **Hasil Pengujian** : Sensor Ultrasonik mampu mendeteksi keberadaan objek dengan peresisi pada jarak rentang 10 cm-100 cm dan mengirimkan

sinyal ke motor *driver* untuk membuka pintu gerbang dengan jeda *respon time* kurang dari 1,5 detik (Hidayat et al.,2022).

2. **Pembahasan:** Kecepatan respon pemicu otomatis ini mengurangi durasi antrean kendaraan di area penjemputan/penurunan siswa pada jam-jam sibuk sekolah, sekaligus meningkatkan rasa aman karena gerbang secara terkontrol (Hidayat et al., 2022).

4.6.3 Pengujian Automatic Watering Plant

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kendala sensor kelembapan tanah (*soil moisture)* dan respon pemicu pompa air otomatis.

1. **Hasil Peungujian:** Ketika sampel tanah mengering hingga Tingkat kelembapan <30%, Sensor secara konsistem memicu *relay* untuk menyalakan pompa air (Latif, 2021).
2. **Pembahasan:** Pembahasan otomatisasi penyiraman berbasis data *real-time* ini mencegah Risiko tanaman mengering selama masa libur sekolah serta mengoptimalkan efisiensi konsumsi air karena penyiraman hanya dilakukan saat tanah benar benar membutuhkan pasokan air (Ardianti,2021;Latif,2021).

4.7 Analisis Dampak Terhadap Ekosistem Sekolah dan Siswa

1. Optimalisasi Waktu Belajar & Kedisiplinan Siswa:
   Keberadaan bel otomatis berbasis RTC menjamin alokasi waktu kegiatan belajar mengajar berjalan secara presisi. Hal ini melatih kedisiplinan siswa dan guru dalam memanfaatkan durasi jam Pelajaran secara efektif tanpa pemborosan waktu transisi kelas (Setiawan & Rahmad, 2021).
2. Kelancaran Mobilitas dan Peningkatan Keamanan:
   Otomatisasi pintu gerbang mengurangi penumpukan kendaraan di pintu masuk sekolah, menciptakan arus lalu lintas yang tertib, serta memberikan rasa aman bagi siswa saat beraktivitas di dalam lingkungan sekolah (Hidayat et al.,2022).
3. Kenyamanan Lingkungan dan Pembentukan Karakter Ekologis:
   Lingkungan sekolah yang hijau dan terlewat berkat sistem penyiraman otomatis secara psikologis menciptakan suasana belajar yang asri dan menurunkan tingkat stres siswa (Ardianti, 2021). Selain itu, alat ini menjadi sarana peraga akademis langsung (*live demonstration)* meningkatkan minat serta literasi siswa terhadap dunia sains dan teknologi IoT (Pratama & Handayani, 2020).

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencangan dan integrasi sistem *Smart School* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggabungkan *Automatic Ring Bell, Automatic Sliding Gate*, dan *Automatic Watering Plant* berhasil direalisasikan menggunakan mikrokontroler (ESP32/ESP8266) yang terhubung dengan jaringan internet (Ardianti, 2021;Hidayat et al.,2022).
2. Seluruh perangkat sensor dan aktuator menunjukan kinerja serta Tingkat akurasi yang tinggi. Modul RTC DS3231 mampu memicu bel sekolah secara tepat waktu (Setiawan & Rahmad, 2021), dan sensor *Soil moisture* bekerja akurat dalam memicu penyiraman tanaman otomatis berdasarkan kelembapan tanah (Latif, 2021).
3. Penerapan ekosistem *Smart School* memberikan dampak positif secara signifikan terhadap kedisiplinan jadwal KBM, efisiensi mobilitas dan keamanan akses sekolah, serta efisiensi penggunaan sumber daya air untuk kelestarian lingkungan sekolah (Ardianti, Hidayat et al., 2022; Setiawan & Rahmad, 2021).

5.2 Saran

Untuk pengembangan system *Smart School* berbasis IoT ini lebih lanjut di masa mendatang, penulis menyarankan beberapa hal berikut:

1. Penambahan Fitur Keamanan : Pengembangan *Automatic Sliding Gate* dapat dilengkapi dengan teknologi *Face Recognition* atau pemindai RFID untuk memverifikasi identitas siswa atau staf secara lebih spesifik sebelum gerbang terbuka (Hidayat et al., 2022).
2. Penggunaan Sumber Daya Mandiri : Pemasangan panel surya (*solar panel)* sebagai sumber energi alternatif agar seluruh perangkat IoT tetap dapat beroperasi secara optimal saat terjadi pemadaman Listrik (Pratama & Handayani,2020).

DAFTAR PUSTAKA

Ardianti, S. R. (2021). Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis *Internet of Things* dengan Algoritma Fuzzy Sugeno [Karya Ilmiah/Skripsi, Telkom University]. Repository Telkom University. https://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/237710/rancang-bangun-sistem-penyiraman-tanaman-otomatis-berbasis-internet-of-things-dengan-algoritma-fuzzy-sugeno-dalam-bentuk-buku-karya-ilmiah.html

Hidayat, A., Pratama, R., & Saputra, E. (2022). Perancangan Sistem Pintu Gerbang Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Sensor Ultrasonik. Jurnal Teknik Dan Teknologi Komputer, 4(2), 45–52.

Latif, N. (2021). Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Sensor Suhu. Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, 7(1), 16–20. https://doi.org/10.35329/jiik.v7i1.180

Pratama, A., & Handayani, S. (2020). Jurnal Inovasi dan Ekosistem Teknologi Terapan (JIEET). Journal Unesa, 1(1). https://journal.unesa.ac.id/index.php/jieet/article/view/20058

Setiawan, B., & Rahmad, M. (2021). Otomatisasi Bel Sekolah Berbasis Mikrokontroler dan Real Time Clock (RTC) Terintegrasi Jaringan. Jurnal Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi, 5(1), 12–19.