

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Sistem monitoring kecepatan dan jumlah kendaraan berbasis sensor dan mikrokontroler merupakan salah satu penerapan teknologi yang memiliki peran penting dalam meningkatkan keselamatan dan ketertiban lalu lintas, khususnya pada jalan lingkungan seperti gang permukiman. Sistem ini menawarkan solusi pemantauan yang lebih sederhana, murah, dan fleksibel dibandingkan sistem konvensional yang umumnya diterapkan pada jalan utama. Sebelum mengembangkan sistem ini lebih lanjut, diperlukan pemahaman terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan sebagai landasan teori dan acuan pengembangan. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui metode, teknologi, serta kekurangan dari penelitian terdahulu agar dapat dilakukan pengembangan sistem yang lebih optimal.

- 1) Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Fauzi dan Rendy Pratama pada *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer* tahun 2021 dengan judul “*Rancang Bangun Sistem Pengukur Kecepatan Kendaraan Menggunakan Sensor Infrared Berbasis Mikrokontroler*”, dijelaskan bahwa pengukuran kecepatan kendaraan dapat dilakukan dengan memanfaatkan dua sensor infrared yang dipasang pada jarak tertentu. Kecepatan dihitung berdasarkan selisih waktu kendaraan melewati kedua sensor tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur kecepatan kendaraan dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Namun, sistem yang dikembangkan belum dilengkapi dengan fitur penyimpanan data dan monitoring secara daring, sehingga data hasil pengukuran hanya dapat dilihat secara local[6].
- 2) Penelitian lain yang dilakukan oleh Darmawan, Sompie, dan Kambey pada *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* tahun 2020 dengan judul “*Implementasi Internet of Things pada Monitoring Kecepatan Kendaraan Bermotor*” menjelaskan penerapan teknologi IoT dalam sistem monitoring kecepatan kendaraan. Sistem ini menggunakan mikrokontroler yang terhubung ke jaringan

internet untuk mengirimkan data hasil pengukuran ke server secara real-time. Penelitian ini menunjukkan bahwa IoT sangat efektif digunakan untuk pemantauan lalu lintas. Namun, metode pengukuran kecepatan masih bergantung pada data GPS sehingga kurang optimal untuk jalan sempit atau gang dengan jarak pendek[7].

- 3) Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Andi Setiawan dan Nanda Putra pada *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronika* tahun 2020 dengan judul “*Perancangan Sistem Deteksi Kendaraan Menggunakan Sensor Photo Beam*”, sensor photo beam terbukti memiliki respons yang cepat dan akurasi yang baik dalam mendeteksi objek yang melintas. Sensor ini sangat sesuai digunakan pada area dengan ruang terbatas karena pemasangannya sederhana dan tidak mengganggu arus kendaraan. Akan tetapi, penelitian tersebut hanya difokuskan pada pendeteksian keberadaan kendaraan tanpa pengolahan data lanjutan seperti perhitungan kecepatan atau jumlah kendaraan[8].
- 4) Penelitian yang dilakukan oleh Rizky Fenaldo Maulana et al. pada *Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology* tahun 2022 dengan judul “*Rancang Bangun Sistem Monitoring Berbasis IoT*” menjelaskan bahwa monitoring data sensor dapat dilakukan melalui website secara real-time dengan memanfaatkan mikrokontroler dan jaringan internet. Sistem monitoring berbasis website memudahkan pengguna dalam mengakses data historis dan visualisasi pengukuran. Namun, sistem yang dikembangkan masih bersifat umum dan belum difokuskan pada aplikasi lalu lintas serta pengukuran kecepatan kendaraan secara spesifik[9].

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu, masih terdapat beberapa keterbatasan yang dapat dikembangkan lebih lanjut, antara lain belum terintegrasinya pengukuran kecepatan dan jumlah kendaraan dalam satu sistem, keterbatasan penerapan sistem pada jalan lingkungan atau jalan permukiman berskala lokal, serta belum optimalnya pemanfaatan sensor photo beam yang dipadukan dengan sistem monitoring berbasis website. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini penulis mengembangkan sistem monitoring kecepatan dan jumlah kendaraan berbasis sensor photo beam dan ESP32 dengan monitoring melalui

website, sehingga sistem dapat digunakan sebagai sarana pengambilan data lalu lintas pada jalan lingkungan secara efektif dan real-time.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Sistem Monitoring Kecepatan Kendaraan

Sistem monitoring kecepatan dan jumlah kendaraan merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengamati dan mencatat perilaku pergerakan kendaraan berdasarkan parameter kecepatan serta durasi kendaraan berada dalam kondisi diam pada suatu titik tertentu[10]. Sistem ini umumnya diterapkan untuk memperoleh data lalu lintas yang dapat digunakan sebagai bahan evaluasi keselamatan dan kelancaran arus kendaraan, khususnya pada jalan lingkungan atau jalan permukiman berskala lokal.

Kecepatan kendaraan didefinisikan sebagai jarak tempuh kendaraan per satuan waktu, sedangkan jumlah kendaraan merupakan total kendaraan yang melewati titik pada jalan tertentu. Kendaraan yang melaju dengan kecepatan tinggi pada jalan lingkungan berpotensi menimbulkan gangguan lalu lintas dan meningkatkan risiko kecelakaan.

Secara matematis, kecepatan kendaraan dapat dihitung menggunakan rumus dasar sebagai berikut:

$$v = \frac{s}{t}$$

Keterangan:

- $v$ = Kecepatan kendaraan (m/s atau Km/h)
- $s$ = Jarak tempuh kendaraan (meter)
- $t$ = Waktu tempuh kendaraan (detik)

Pada sistem berbasis sensor photo beam, jarak  $s$  merupakan jarak tetap yang telah ditentukan antara dua titik sensor, sedangkan waktu  $t$  diperoleh dari selisih waktu antara saat kendaraan memutus sensor pertama hingga memutus sensor kedua. Dengan mengetahui kedua nilai tersebut, sistem dapat secara otomatis menghitung dan menampilkan nilai kecepatan kendaraan secara *real-time*.

Pengukuran kedua parameter tersebut dapat dilakukan secara otomatis menggunakan sistem berbasis sensor dan mikrokontroler, sehingga data yang

diperoleh bersifat objektif dan berkesinambungan. Dengan adanya sistem monitoring, proses pencatatan data lalu lintas tidak lagi dilakukan secara manual, melainkan terintegrasi dan terdokumentasi secara digital.

Dalam pengujian sistem berbasis sensor, suatu pengukuran dinyatakan valid apabila persentase error yang dihasilkan berada dalam batas toleransi yang telah ditetapkan. Penelitian mengenai sistem deteksi kecepatan kendaraan menetapkan bahwa sistem dinyatakan memiliki akurasi yang baik apabila nilai error berada di bawah 5%, atau dengan kata lain tingkat akurasi sistem mencapai di atas 95%. Berdasarkan acuan tersebut, pada penelitian ini ditetapkan bahwa data hasil pengukuran dinyatakan sesuai apabila persentase *error* berada pada rentang 0% hingga 5%, dan dinyatakan tidak sesuai apabila persentase *error* melebihi 5%[11].

### 2.2.2 Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif merupakan metode statistik yang digunakan untuk mengumpulkan, mengolah, menyajikan, dan menginterpretasikan data secara ringkas guna memberikan gambaran umum mengenai karakteristik suatu kumpulan data. Berbeda dengan statistik inferensial yang bertujuan untuk menarik kesimpulan terhadap populasi, statistik deskriptif hanya berfokus pada penggambaran data yang tersedia tanpa melakukan generalisasi lebih lanjut.

Beberapa ukuran yang umum digunakan dalam statistik deskriptif antara lain nilai minimum, nilai maksimum, rata-rata (*mean*), dan standar deviasi. Nilai minimum dan maksimum menggambarkan rentang sebaran data, sedangkan rata-rata menunjukkan nilai tengah dari keseluruhan data. Rata-rata dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n 1x_i}{n}$$

#### Keterangan:

- $\bar{x}$  = Nilai rata-rata
- $x_i$  = Nilai data ke-*i*
- $n$  = Jumlah data

Standar deviasi merupakan ukuran yang menggambarkan seberapa besar variasi atau penyebaran data terhadap nilai rata-ratanya. Semakin besar nilai standar

deviasi, semakin besar variasi data yang terjadi. Rumus standar deviasi adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^n 1(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

**Keterangan:**

- $\sigma$ = Standar deviasi
- $x_i$ = Nilai data ke- $i$
- $\bar{x}$ = Nilai rata-rata
- $n$ = Jumlah data

Selain itu, dalam analisis data juga dikenal konsep *outlier*, yaitu data yang nilainya jauh menyimpang dari sebagian besar data lainnya. Salah satu metode identifikasi *outlier* yang umum digunakan adalah dengan menetapkan batas atas menggunakan rumus:

$$x_{batas} = \mu + 2\sigma$$

**Keterangan:**

- $x_{batas}$ = Batas atas nilai normal
- $\mu$ = Nilai rata-rata
- $\sigma$ = Standar deviasi

Data yang melebihi nilai  $x_{batas}$  dikategorikan sebagai *outlier* atau data yang berada di luar distribusi normal. Dalam konteks penelitian ini, metode statistik deskriptif digunakan untuk menganalisis karakteristik kecepatan kendaraan yang terdeteksi oleh sistem, meliputi nilai rata-rata, standar deviasi, serta identifikasi data *outlier* berdasarkan batas statistik yang telah ditetapkan.

### 2.2.3 Sensor Infra Merah (Photo Beam)

Sensor inframerah merupakan jenis sensor optik yang bekerja dengan memanfaatkan gelombang cahaya inframerah untuk mendeteksi keberadaan suatu objek. Salah satu implementasi sensor inframerah yang banyak digunakan adalah sensor photo beam, yang terdiri dari pemancar (transmitter) dan penerima (receiver). Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip terputusnya berkas cahaya inframerah yang dipancarkan dari transmitter menuju receiver. Ketika sebuah objek

melintas dan menghalangi jalur cahaya tersebut, penerima akan mendeteksi perubahan intensitas cahaya sehingga menghasilkan perubahan sinyal sebagai indikasi keberadaan objek [12].

Sensor photo beam memiliki karakteristik respon yang cepat dan tingkat akurasi yang baik, sehingga sering digunakan pada sistem pendeteksian objek tanpa kontak langsung. Dalam sistem monitoring kendaraan, sensor photo beam dimanfaatkan untuk mencatat waktu saat kendaraan melintasi titik tertentu. Dengan menempatkan dua sensor photo beam pada jarak yang telah ditentukan, sistem dapat merekam waktu kendaraan melewati masing-masing sensor. Selisih waktu antar pembacaan sensor tersebut digunakan untuk menghitung kecepatan kendaraan, sedangkan lamanya sinar inframerah terputus pada satu titik dapat dianalisis untuk mengetahui jumlah kendaraan.



**Gambar 2. 1** Sensor Photo Beam

Keunggulan penggunaan sensor inframerah jenis photo beam antara lain pemasangannya yang relatif sederhana, tidak memerlukan kontak fisik dengan kendaraan, serta mampu bekerja secara stabil pada area dengan ruang terbatas. Oleh karena itu, sensor ini dinilai sesuai dan efektif untuk diterapkan pada sistem monitoring kecepatan dan jumlah kendaraan pada skala lokal.

#### **2.2.4 Mikrokontroler**

Mikrokontroler merupakan sistem komputer terintegrasi dalam satu chip yang memiliki *Central Processing Unit* (CPU), memori, serta port input/output (I/O) yang digunakan untuk mengendalikan suatu sistem atau perangkat elektronik

secara spesifik [13]. Mikrokontroler dirancang untuk menjalankan tugas tertentu (*special purpose computer*) dengan konsumsi daya yang relatif rendah dan ukuran yang ringkas. Dalam satu chip mikrokontroler umumnya telah terintegrasi berbagai modul pendukung seperti RAM, ROM atau *flash memory*, timer, counter, komunikasi serial, serta modul analog seperti *Analog to Digital Converter* (ADC) dan *Digital to Analog Converter* (DAC). Pada sistem tertanam (*embedded system*), mikrokontroler berfungsi sebagai pengendali utama yang menerima input dari sensor, memproses data sesuai dengan program yang ditanamkan, kemudian menghasilkan output atau data informasi yang diperlukan. Kemampuan ini menjadikan mikrokontroler banyak digunakan pada sistem otomasi, sistem monitoring, serta aplikasi *Internet of Things* (IoT).

ESP32 merupakan salah satu jenis mikrokontroler pengembangan dari ESP8266 yang memiliki fitur lebih lengkap dan kinerja yang lebih tinggi. ESP32 termasuk mikrokontroler berbasis system on chip (SoC) yang dikembangkan oleh Espressif Systems. Mikrokontroler ini dirancang untuk mendukung aplikasi Internet of Things (IoT) dengan menyediakan konektivitas WiFi dan Bluetooth dalam satu modul. ESP32 bekerja sebagai pengendali utama yang dapat membaca dan memproses data dari perangkat eksternal seperti sensor dan aktuator yang kemudian mengirimkan data tersebut ke jaringan menggunakan WiFi atau Bluetooth. ESP 32 memiliki beberapa mode seperti pada Tabel 2-1, salah satunya adalah operasi hemat daya yang dirancang untuk memperpanjang masa pakai baterai. Tabel 2-2 menunjukkan spesifikasi dan Gambar 2.2 menunjukkan deskripsi pin dan pinout pada ESP32.

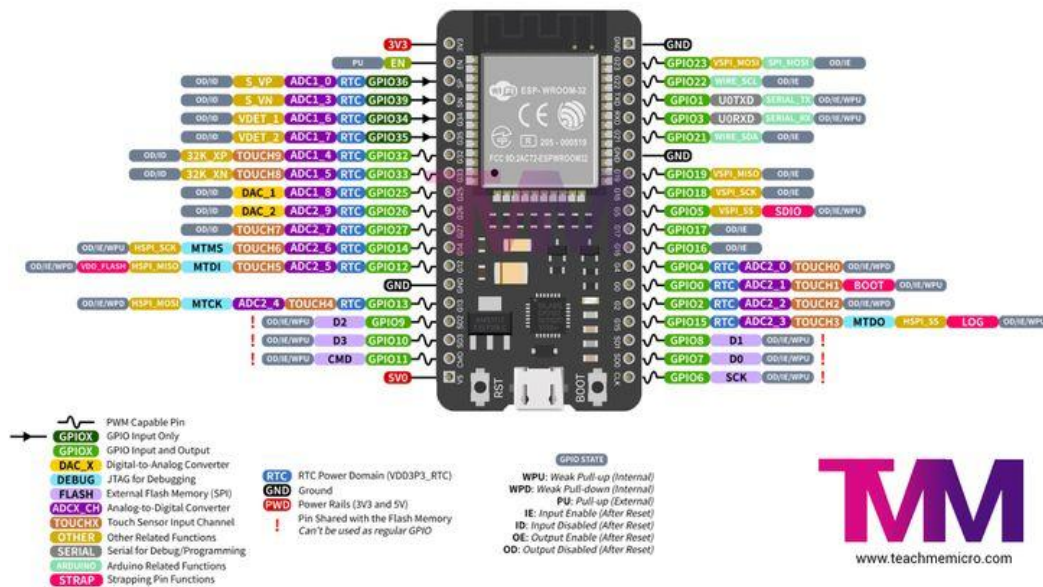
**Tabel 2- 1 Mode Operasi ESP32**

<b>Mode</b>	<b>Deskripsi</b>
Active Mode	Proses berjalan pada kecepatan penuh dan semua fitur aktif
Modem Sleep	Wifi atau Bluetooth dinonaktifkan sementara prosesor tetap aktif untuk tugas-tugas tertentu
Light Sleep	Prosesor dimatikan sementara RAM tetap aktif
Deep Sleep	Hampir semua fungsi dimatikan kecuali RTC ( <i>Real Time Clock</i> )

**Tabel 2- 2** Spesifikasi ESP32 WROOM 32D

<b>Kategori</b>	<b>Spesifikasi</b>
Proses	Dual-core Xtensa® 32-bit LX6, hingga 240 MHz per core
Memori	520 KB SRAM, hingga 16 MB Flash
Konektivitas	Wifi: IEEE 802.11 b/g/n (2.4 GHz)
	Bluetooth 4.2 (Classic & BLE)
GPIO	34 Pin
ADC	12-bit ADC, hingga 18 saluran
DAC	8-bit DAC (2 saluran)
PWM	Hingga 16 saluran PWM
I2C, SPI, UART	Yes
Tegangan Input	5V
Tegangan Kerja	3.3V (operasi stabil antara 2.2V hingga 3.6V)
Konsumsi Daya	Active mode: ~160 Ma, Modem Sleep: ~30 mA, Light Sleep: ~0,8 mA, Deep Sleep: <10 $\mu$ A
Ukuran Modul	18 x 25.5 mm
Jumlah Pin	38 Pin
WiFi Range	Hingga 200 meter (tergantung kondisi lingkungan)
Bluetooth Range	Hingga 100 meter untuk BLE (tergantung daya transmisi)
Lingkungan Kerja	Suhu : -40°C hingga +125°C, Kelembapan: 5% hingga 95% (non-kondensasi)
Sistem Operasi	Mendukung FreeRTOS, Arduino IDE, Espressif IDF, PlatformIO
Platform Pengembangan	Arduino IDE, Espressif IoT Development Framework (IDF), PlatformIO

## ESP32 PINOUT DIAGRAM ESP32-WROOM-32



**Gambar 2. 2** Pin Out ESP32 WROOM 32D

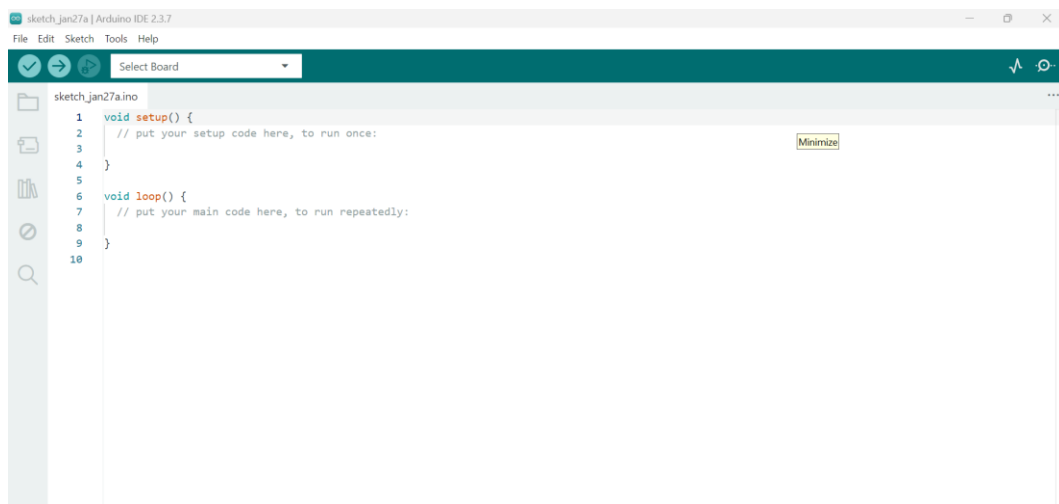
Untuk menjalankan proses pengolahan data sesuai dengan fungsi yang dirancang, mikrokontroler ESP32 harus diprogram menggunakan serangkaian instruksi logika yang disimpan dalam memori internal. Instruksi tersebut ditulis menggunakan bahasa pemrograman tertentu, kemudian dikompilasi dan diunggah ke dalam mikrokontroler agar dapat dieksekusi sesuai dengan kebutuhan sistem. Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan dalam proses pemrograman ESP32 adalah Arduino Integrated Development Environment (Arduino IDE), yang menyediakan antarmuka serta pustaka pendukung untuk mempermudah penulisan, pengujian, dan pengunggahan program ke mikrokontroler.

### 2.2.4.1 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan sebuah perangkat lunak pengembangan yang digunakan untuk memfasilitasi proses pemrograman pada mikrokontroler berbasis platform Arduino. Perangkat lunak ini dirancang dengan tampilan antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami, sehingga cocok digunakan dalam kegiatan pembelajaran maupun pengembangan sistem tertanam oleh pengguna dari berbagai tingkat keahlian. Melalui Arduino

IDE, pengguna dapat melakukan penulisan, pengeditan, kompilasi, serta pengunggahan program atau *sketch* ke papan mikrokontroler secara efektif.

Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino IDE mengacu pada bahasa C/C++ yang telah disederhanakan, sehingga proses penulisan kode menjadi lebih mudah dan terstruktur. Selain mendukung berbagai jenis papan mikrokontroler Arduino seperti Arduino Uno, Arduino Mega, dan Arduino Nano, Arduino IDE juga menyediakan kompatibilitas dengan mikrokontroler lain, termasuk ESP32. Dengan melakukan penambahan konfigurasi papan (*board manager*) dan pustaka yang diperlukan, ESP32 dapat diprogram secara langsung menggunakan Arduino IDE. Oleh karena itu, Arduino IDE dapat dimanfaatkan sebagai salah satu perangkat utama dalam pengembangan aplikasi berbasis ESP32, khususnya pada sistem monitoring dan otomasi berbasis mikrokontroler.



**Gambar 2.3** Bagian-Bagian Arduino IDE

Gambar 2.3 memperlihatkan tampilan awal saat aplikasi Arduino IDE dijalankan. Secara umum, Arduino IDE terdiri dari beberapa bagian utama yang saling mendukung proses pemrograman mikrokontroler. Bagian utama yang paling dominan adalah area kerja (*workspace*), yang digunakan sebagai tempat untuk menuliskan dan mengedit kode program (*sketch*) yang akan diunggah ke mikrokontroler.

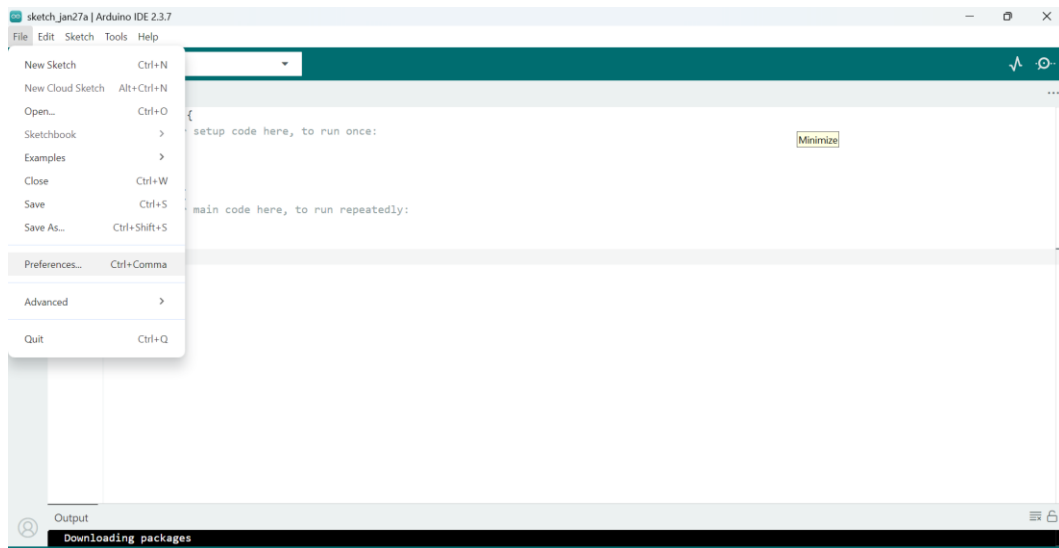
Pada bagian atas tampilan terdapat *menu bar* yang berisi menu File, Edit, Sketch, Tools, dan Help. Menu *File* digunakan untuk mengelola berkas program

seperti membuat, membuka, dan menyimpan *sketch*. Menu *Edit* berfungsi untuk melakukan pengolahan kode, seperti menyalin, memformat, serta memberikan komentar pada program. Menu *Sketch* digunakan untuk proses kompilasi, pengunggahan program ke mikrokontroler, serta penambahan pustaka yang dibutuhkan. Menu *Tools* berisi pengaturan teknis, antara lain pemilihan jenis papan mikrokontroler (*board*), pengaturan port komunikasi, serta akses ke fitur pemantauan serial. Sementara itu, menu *Help* menyediakan informasi bantuan, dokumentasi, dan referensi terkait penggunaan Arduino IDE.

Selain menu bar, Arduino IDE juga dilengkapi dengan *tool bar* yang digunakan untuk berinteraksi secara langsung dengan mikrokontroler. Pada bagian ini tersedia tombol verifikasi program (*verify*) untuk memeriksa kesalahan kode sebelum proses pengunggahan, tombol *upload* untuk mengirimkan program ke papan mikrokontroler, serta informasi mengenai jenis papan dan port yang sedang digunakan. Arduino IDE juga menyediakan fitur *Serial Monitor* dan *Serial Plotter*. *Serial Monitor* digunakan untuk menampilkan data hasil komunikasi serial antara mikrokontroler dan komputer, sedangkan *Serial Plotter* berfungsi untuk memvisualisasikan data numerik dalam bentuk grafik. Fitur-fitur tersebut sangat membantu dalam proses pengujian, pemantauan, dan analisis data pada sistem yang dikembangkan. Untuk menggunakan Arduino IDE dapat melakukan Langkah-langkah sebagai berikut.

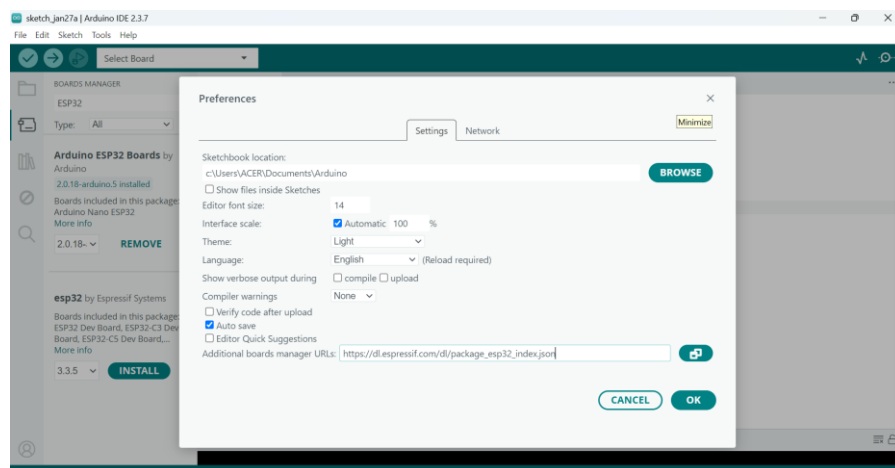
1. Membuka aplikasi Arduino IDE hingga muncul seperti tampilan pada Gambar 2.3
2. Menambahkan *board* ke Arduino IDE

Untuk menambahkan jenis papan mikrokontroler yang tidak tersedia secara bawaan di Arduino IDE, pengguna dapat membuka menu *File > Preferences* seperti pada Gambar 2.4



**Gambar 2. 4** Tampilan Menu File

Pada jendela yang muncul, pengguna dapat memasukkan tautan URL repositori board (seperti pada Gambar 2.5) pada kolom yang disediakan. Langkah ini bertujuan untuk memungkinkan Arduino IDE mengenali dan mendukung board tambahan seperti ESP32.

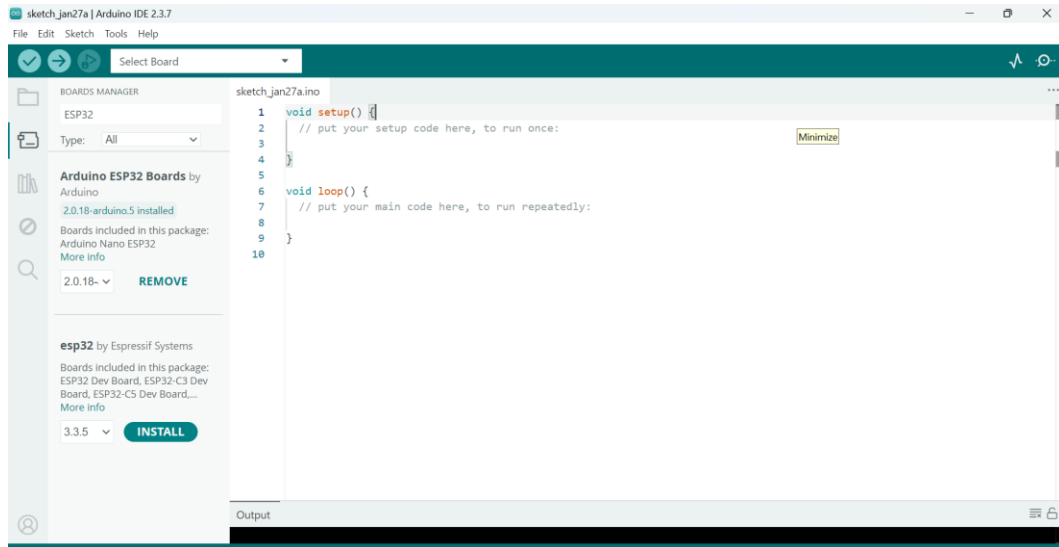


**Gambar 2. 5** URL Box untuk menambahkan board

### 3. Menginstall *board* melalui *board manager*

Setelah menambahkan URL repositori, pengguna perlu mengunduh dan menginstal jenis papan yang diinginkan melalui fitur *Board Manager* seperti pada Gambar 2.6. Akses dapat dilakukan melalui menu *Tools > Board > Board Manager*. Pada halaman yang tersedia, pengguna dapat mencari nama papan,

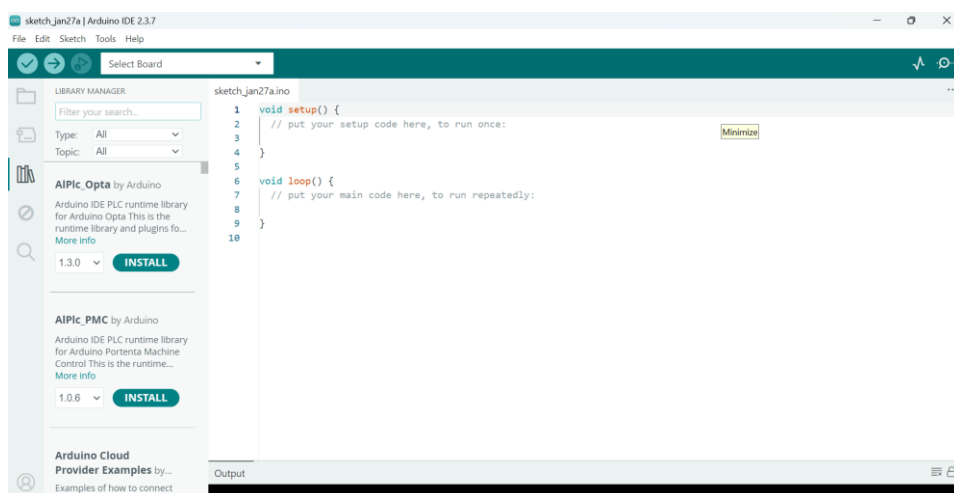
seperti “ESP32 by Espressif System”, kemudian menekan tombol *Install* untuk mengunduh dan menambahkan board tersebut kedalam Arduino IDE.



**Gambar 2. 6** Tampilan Board Manager

#### 4. Menginstal *Library*

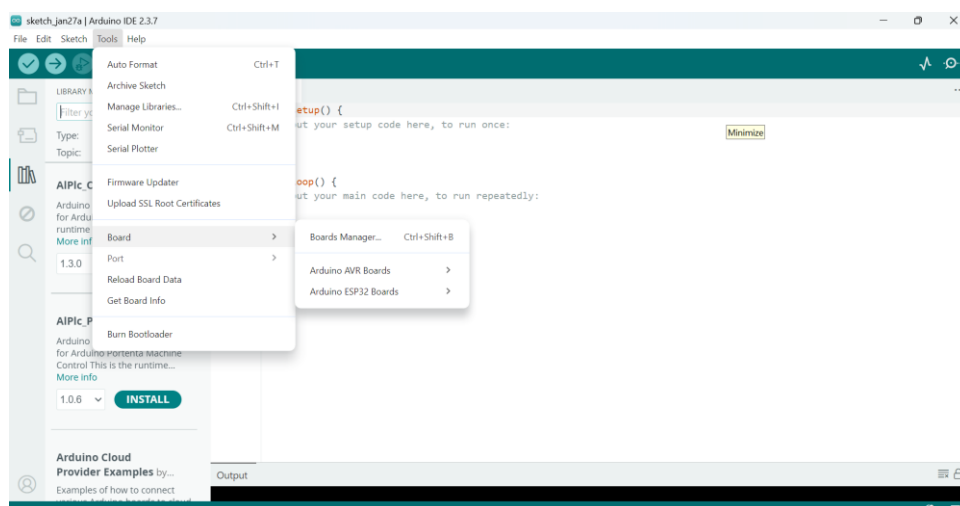
Untuk mengaktifkan berbagai fitur tambahan pada ESP32, pengguna juga perlu menambahkan pustaka pendukung. Proses ini dapat dilakukan melalui menu Tools > Manage Libraries atau Sketch > Include Library > Manage Libraries seperti pada Gambar 2.7. Melalui jendela Library Manager, pengguna dapat mencari dan menginstal pustaka yang sesuai dengan kebutuhan pemrograman.



**Gambar 2. 7** Tampilan Manage Library

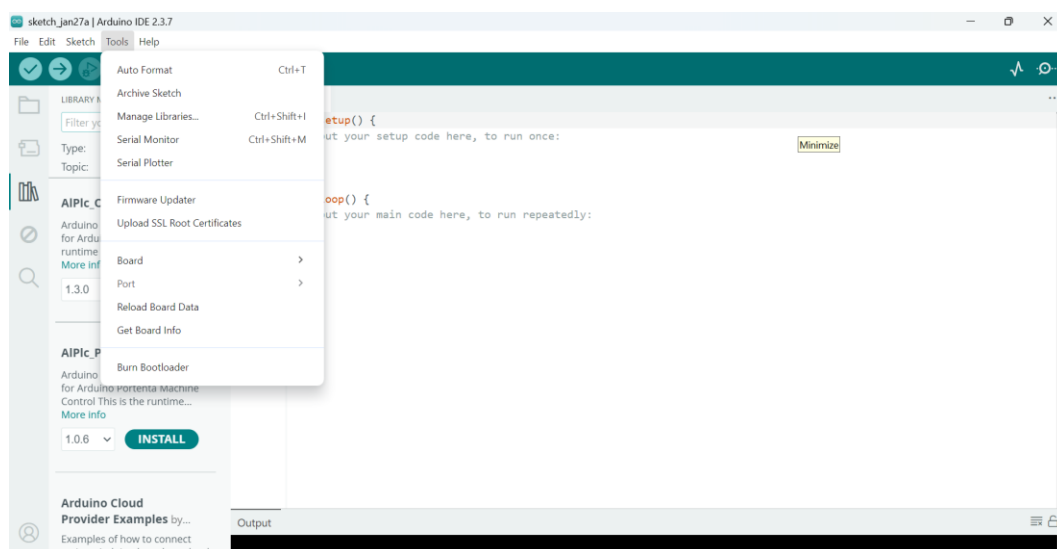
## 5. Memilih jenis *board* dan *port* yang digunakan

Sebelum memulai proses pemrograman, pengguna harus menentukan jenis board dan port komunikasi serial yang akan digunakan. Pemilihan jenis board dilakukan melalui menu *Tools > Board* seperti pada Gambar 2.8



**Gambar 2.8** Tampilan Menu Tools untuk memilih Board

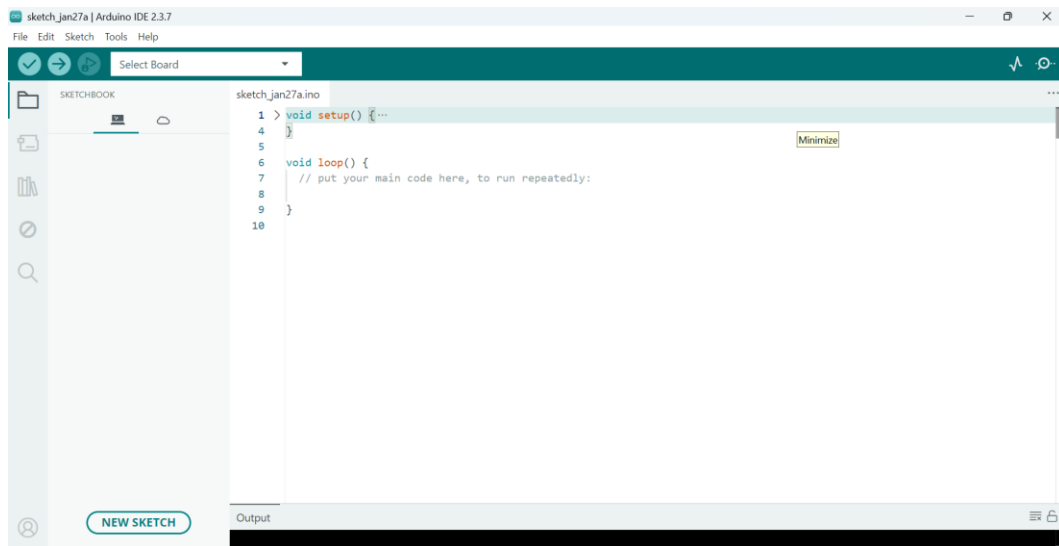
Sedangkan port komunikasi dapat dipilih melalui *Tools > Port* seperti pada Gambar 2.9. Pengaturan ini penting agar Arduino IDE dapat terhubung secara tepat dengan perangkat keras yang digunakan.



**Gambar 2.9** Tampilan Menu Tools untuk memilih Port

## 6. Menulis Program

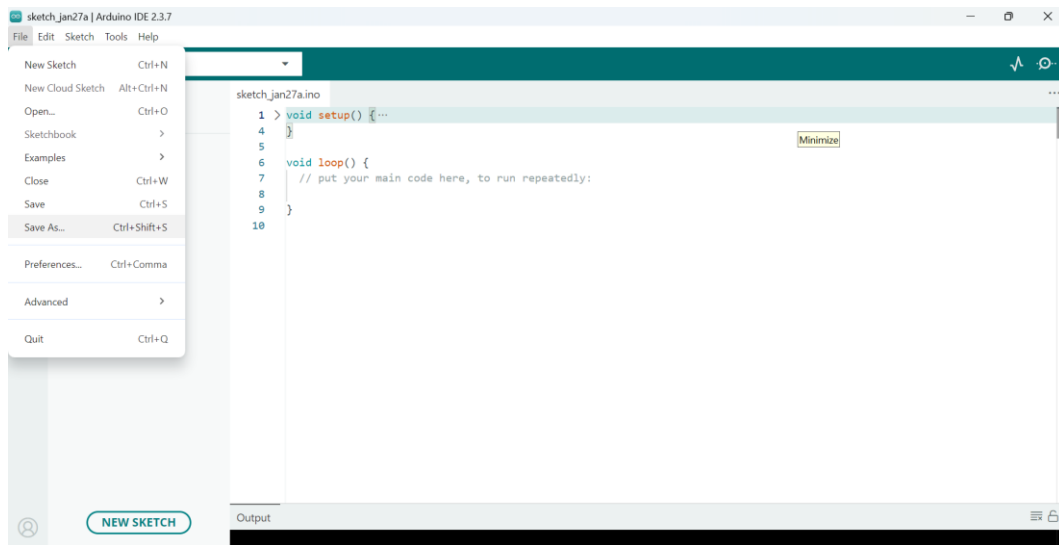
Setelah seluruh konfigurasi selesai, pengguna dapat mulai menulis program atau *sketch* pada area editor yang tersedia di Arduino IDE. Program ini berisi intruksi logika yang akan dijalankan oleh mikrokontroler.



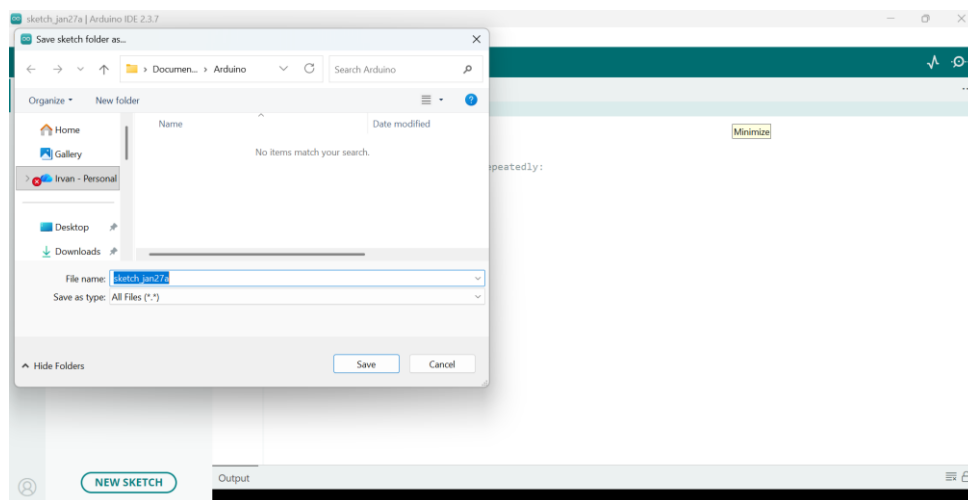
**Gambar 2. 10** Area Sketch Pada Arduino IDE

## 7. Menyimpan Program

Setelah program selesai ditulis, selanjutnya menyimpan file program ke dalam folder pada perangkat computer. Proses penyimpanan dilakukan melalui menu *File > Save As*, di mana pengguna dapat menentukan lokasi penyimpanan dan nama file sesuai keinginan. Menu *Save As* dapat dilihat pada Gambar 2.11 Program yang telah tersimpan dapat digunakan untuk proses verifikasi dan selanjutnya digunggah ke papan mikrokontroler agar dapat dijalankan. Untuk menentukan tempat penyimpanan file dapat dilihat pada Gambar 2.12



**Gambar 2. 11** Tampilan Menu File untuk Save Project



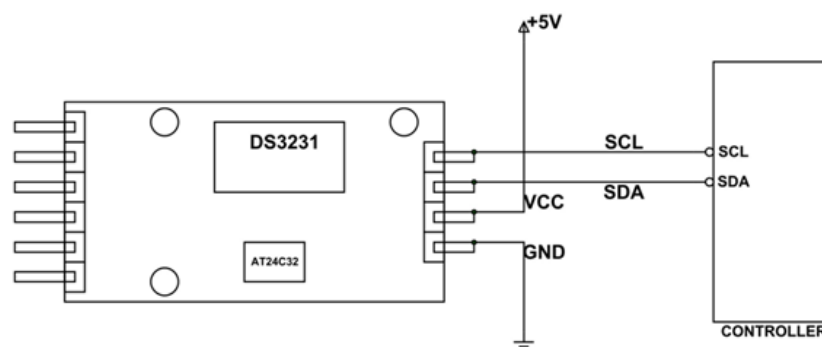
**Gambar 2. 12** Tampilan Menu untuk meyimpan project di computer

### 2.2.5 Real Time Clock (RTC)

Real Time Clock (RTC) merupakan modul pewaktu yang berfungsi untuk menyimpan dan menjaga informasi waktu aktual seperti detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun secara kontinu, meskipun sistem utama dalam kondisi mati atau mengalami pemutusan catu daya. RTC umumnya dilengkapi dengan sumber daya cadangan berupa baterai sehingga data waktu tetap tersimpan dengan akurat. Dalam sistem berbasis mikrokontroler, RTC digunakan untuk memberikan penanda waktu (*timestamp*) pada proses pembacaan sensor, pencatatan data, maupun pengendalian sistem secara terjadwal. Penggunaan RTC sangat penting

pada sistem monitoring dan otomasi yang membutuhkan ketepatan waktu secara real time, seperti sistem parkir cerdas, pencatatan data lingkungan, dan sistem keamanan, karena mampu meningkatkan keandalan serta konsistensi data yang dihasilkan [14].

Selain berfungsi sebagai pencatat waktu, modul RTC umumnya berkomunikasi dengan mikrokontroler melalui protokol komunikasi serial, seperti Inter-Integrated Circuit (I2C), sehingga memudahkan integrasi dengan sistem berbasis Arduino maupun ESP32. Dibandingkan dengan pewaktu internal mikrokontroler, RTC memiliki keunggulan dalam hal akurasi dan kontinuitas pencatatan waktu karena dilengkapi dengan osilator kristal dan sumber daya cadangan. Oleh karena itu, RTC lebih andal digunakan pada sistem yang membutuhkan pencatatan waktu jangka panjang dan tetap akurat meskipun terjadi pemadaman daya pada sistem utama.



**Gambar 2.13** Rangkaian Real Time Clock DS3231

Pada Gambar 2.13 ditunjukkan rangkaian Real Time Clock (RTC) DS3231 yang digunakan sebagai pencatat dan penyedia informasi waktu secara real-time pada sistem. RTC DS3231 merupakan modul pencatat waktu dengan tingkat akurasi tinggi karena telah dilengkapi dengan kompensasi suhu internal, sehingga kesalahan waktu akibat perubahan suhu dapat diminimalkan.

Prinsip kerja RTC DS3231 didasarkan pada osilator kristal internal yang menghasilkan pulsa clock stabil untuk menghitung satuan waktu, meliputi detik, menit, jam, tanggal, bulan, dan tahun. Data waktu tersebut disimpan dalam register internal dan dapat diakses oleh mikrokontroler melalui antarmuka komunikasi I2C

(Inter-Integrated Circuit) menggunakan dua jalur komunikasi, yaitu Serial Data (SDA) dan Serial Clock (SCL).

Modul RTC DS3231 mendapatkan suplai tegangan utama sebesar 5V DC dari sistem catu daya, serta dilengkapi dengan baterai cadangan (backup battery) yang berfungsi untuk mempertahankan data waktu ketika catu daya utama terputus. Dengan adanya baterai cadangan ini, RTC tetap dapat bekerja secara mandiri tanpa kehilangan informasi waktu.

Pada sistem yang dirancang, RTC DS3231 diintegrasikan dengan mikrokontroler sebagai referensi waktu untuk mendukung fungsi pencatatan data dan sinkronisasi sistem. Penggunaan RTC ini memungkinkan sistem tetap memiliki informasi waktu yang akurat dan stabil, sehingga sangat mendukung keandalan sistem secara keseluruhan. Skema rangkaian RTC ditunjukkan pada Gambar 2.14, sedangkan spesifikasi teknis RTC DS3231 disajikan pada Tabel 2-3 dan 2-4.

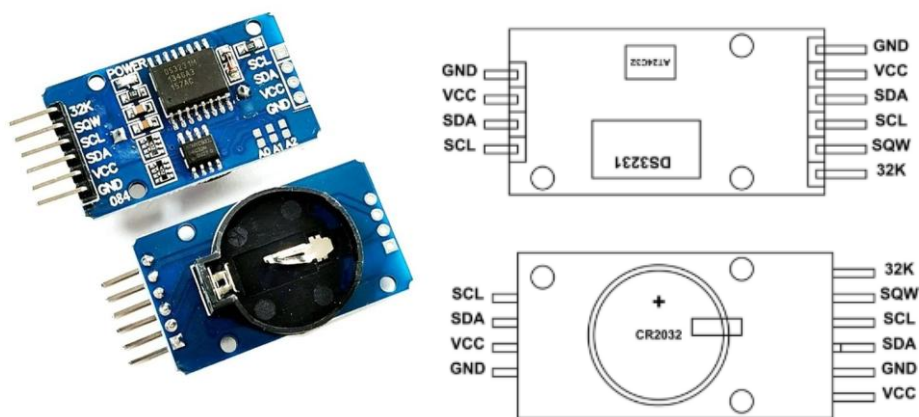
**Tabel 2- 3** Deskripsi Pin RTC

Pin	Deskripsi
32K	Output sinyal clock 32,7 kHz
SQW	Output Square Wave/Interrupt
SCL	Jalur Clock Komunikasi I <sup>2</sup> C
SDA	Jalur Data Komunikasi I <sup>2</sup> C
VCC	Tegangan catu daya utama (3,3V – 5V)
GND	Ground Sistem

**Tabel 2- 4** Spesifikasi RTC DS3231

Parameter	Spesifikasi
Tipe	Real Time Clock (RTC)
Model	DS3231
Komunikasi Antarmuka	I <sup>2</sup> C
Tegangan Operasi	3,3V – 5V
Tegangan Baterai (Vbat)	2,3V – 5V
Konsumsi Arus	200 $\mu$ A

Format Waktu	Jam, Menit, Detik
Format Kalender	Tanggal, Hari, Bulan, Tahun
Output Clock	32,7 kHz
Square Wave Output	1 Hz, 1,024 kHz, 4,096 kHz, 8,192 kHz
Suhu Operasi	-40 °C hingga +85 °C
Media Backup	Baterai Koin (CR2032)
Fungsi Utama	Penjaga Waktu dan tanggal presisi tinggi



**Gambar 2. 14** Bentuk Fisik dan Simbol Real Time Clock DS3231

### 2.2.6 Buzzer

Buzzer merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai perangkat keluaran (*output device*) untuk menghasilkan sinyal bunyi sebagai indikator atau peringatan dalam suatu sistem. Buzzer bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi bunyi melalui getaran mekanis yang dihasilkan oleh elemen piezoelektrik atau kumparan elektromagnetik. Ketika buzzer diberikan tegangan atau sinyal listrik tertentu, elemen internalnya akan bergetar sehingga menghasilkan suara dengan frekuensi dan intensitas tertentu yang dapat didengar oleh manusia [15].

Prinsip kerja buzzer didasarkan pada proses osilasi atau getaran yang terjadi akibat pemberian sinyal listrik. Pada buzzer jenis piezoelektrik, getaran dihasilkan oleh perubahan bentuk material piezoelektrik ketika dialiri tegangan, sedangkan pada buzzer elektromagnetik getaran dihasilkan oleh gaya tarik kumparan terhadap

membran. Getaran tersebut menghasilkan gelombang suara yang berfungsi sebagai tanda atau notifikasi terhadap kondisi tertentu dalam sistem.

Dalam sistem berbasis mikrokontroler, buzzer digunakan sebagai indikator audio untuk memberikan informasi kepada pengguna, seperti tanda peringatan, konfirmasi, maupun alarm. Buzzer umumnya diaktifkan melalui pin digital mikrokontroler, baik secara langsung maupun melalui rangkaian driver tambahan, tergantung pada kebutuhan arus dan tegangan. Penggunaan buzzer memungkinkan sistem memberikan respon yang cepat dan mudah dikenali tanpa memerlukan tampilan visual. Berdasarkan cara pengoperasiannya, buzzer dapat diklasifikasikan menjadi buzzer aktif dan buzzer pasif. Buzzer aktif dapat menghasilkan bunyi secara langsung ketika diberi tegangan, sedangkan buzzer pasif memerlukan sinyal gelombang tertentu dari mikrokontroler untuk menghasilkan suara. Buzzer aktif lebih banyak digunakan karena memiliki rangkaian yang sederhana dan mudah diintegrasikan dengan sistem digital.

Pada penelitian ini, buzzer digunakan sebagai indikator peringatan pada sistem berbasis mikrokontroler ESP32 untuk memberikan informasi audio terkait kondisi tertentu yang terjadi pada sistem. Dengan penggunaan buzzer, sistem menjadi lebih interaktif dan mampu memberikan notifikasi secara langsung kepada pengguna.

Pada Gambar 2.15 ditunjukkan modul buzzer yang digunakan sebagai perangkat keluaran audio pada sistem. Buzzer berfungsi sebagai indikator bunyi untuk memberikan informasi atau peringatan terhadap kondisi tertentu yang terjadi pada sistem. Suara yang dihasilkan oleh buzzer digunakan sebagai bentuk notifikasi langsung kepada pengguna tanpa memerlukan tampilan visual.

Prinsip kerja buzzer didasarkan pada konversi energi listrik menjadi energi bunyi melalui getaran elemen internal, seperti elemen piezoelektrik atau elektromagnetik. Ketika buzzer menerima sinyal listrik dari mikrokontroler, elemen tersebut akan bergetar dan menghasilkan gelombang suara dengan frekuensi tertentu yang dapat didengar oleh pengguna.

Dalam sistem berbasis mikrokontroler, buzzer umumnya dikendalikan melalui sinyal digital untuk mengatur kondisi aktif atau tidak aktifnya buzzer sesuai

dengan kebutuhan sistem. Pola bunyi yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan logika pemrograman sehingga buzzer dapat digunakan sebagai penanda atau peringatan terhadap kejadian tertentu.

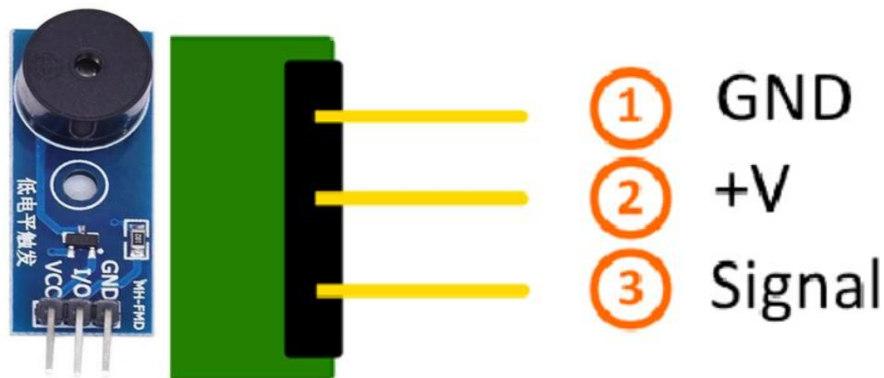
Pada sistem yang dirancang, buzzer diintegrasikan dengan mikrokontroler sebagai media notifikasi audio untuk mendukung interaksi antara sistem dan pengguna. Penggunaan buzzer ini memungkinkan sistem memberikan peringatan secara cepat dan efektif, sehingga meningkatkan kejelasan informasi dan keandalan sistem secara keseluruhan, sedangkan spesifikasi teknis buzzer disajikan pada table 2-5 dan 2-6.

**Tabel 2- 5 Deskripsi Pin Buzzer**

<b>Pin</b>	<b>Deskripsi</b>
GND	Ground Sistem
VCC	Tegangan catu daya 3,3V – 5V
SIG/I/O	Pin Kontrol Buzzer (input sinyal digital)

**Tabel 2- 6 Spesifikasi Buzzer**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Parameter</b>
Type	Buzzer Aktif
Model	KY-012
Tegangan Operasi	3,3V- 5V
Arus Kerja	20Ma
Metode Kontrol	Sinyal Digital High/Low
Frekuensi Bunyi	2 kHz
Antarmuka	Digital
Jumlah Pin	3 Pin
Indikator	Bunyi
Fungsi Utama	Alarm, notifikasi, peringatan



**Gambar 2. 15** Bentuk Fisik dan Simbol Buzzer KY-012

### 2.2.7 Step Down

Modul step-down DC-DC 3A 10W merupakan rangkaian regulator switching tipe buck converter yang berfungsi menurunkan tegangan DC menjadi tegangan DC yang lebih rendah dengan efisiensi tinggi. Modul ini tersedia dalam beberapa varian tegangan keluaran tetap (fixed output) yaitu 3,3V, 5V, 9V, dan 12V. Pada sistem yang dirancang, digunakan varian 5V sebagai sumber tegangan stabil untuk rangkaian pendukung seperti buzzer dan bagian input regulator 3,3V untuk ESP32.

Prinsip kerja buck converter didasarkan pada teknik switching menggunakan transistor berkecepatan tinggi yang dikombinasikan dengan induktor, dioda, dan kapasitor filter. Proses switching ini menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah dari tegangan masukan dengan efisiensi yang tinggi, sehingga daya yang hilang dalam bentuk panas relatif kecil dibandingkan regulator linier.

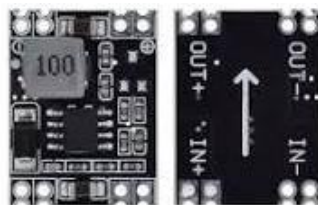
Penggunaan konverter DC-DC tipe buck banyak diterapkan pada sistem embedded dan perangkat IoT karena memiliki efisiensi tinggi serta kemampuan menjaga kestabilan tegangan terhadap perubahan beban. Menurut Zhang et al. (2019) dalam *IEEE Access*, konverter buck banyak digunakan pada aplikasi tegangan rendah karena memiliki efisiensi tinggi dan performa regulasi tegangan yang baik terhadap variasi input maupun beban[16]. Pada sistem monitoring kecepatan kendaraan berbasis ESP32 yang dirancang, modul step-down 5V digunakan untuk memastikan suplai tegangan tetap stabil, sehingga mencegah terjadinya gangguan sistem akibat fluktuasi tegangan sumber utama. sedangkan spesifikasi teknis Modul Step Down disajikan pada table 2-7 dan 2-8.

**Tabel 2- 7** Deskripsi Pin Modul Step Down

Pin	Deskripsi
IN+	Terminal input positif dari sumber tegangan DC
IN-	Terminal ground sumber tegangan
OUT+	Terminal output positif
OUT-	Terminal ground keluaran

**Tabel 2- 8** Spesifikasi Modul Step Down

Spesifikasi	Parameter
Tipe Konverter	Buck Converter
Tegangan Input	6V – 24V DC (Tergantung Modul)
Tegangan Output	5V DC
Arus Maksimum	3A
Daya Maksimum	10W

**Gambar 2. 16** Modul Step Down

### 2.2.8 LCD I2C 16x2

LCD I2C merupakan modul tampilan berbasis Liquid Crystal Display (LCD) yang menggunakan protokol komunikasi Inter-Integrated Circuit (I2C) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Pada sistem yang dirancang, modul LCD I2C diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 sebagai media penampil informasi sistem.

Antarmuka I2C memungkinkan komunikasi hanya menggunakan dua jalur data utama, yaitu SDA (Serial Data) dan SCL (Serial Clock), sehingga lebih efisien dalam penggunaan pin dibandingkan metode paralel konvensional. Pada ESP32,

pin I2C dapat dikonfigurasi secara fleksibel melalui pemrograman, namun secara umum menggunakan GPIO21 sebagai SDA dan GPIO22 sebagai SCL.

LCD 16x2 digunakan sebagai media interaksi pengguna (*user interface*) yang menampilkan informasi sistem secara real-time, seperti:

- a. Status sensor (aktif/tidak aktif)
- b. Proses monitoring atau scanning (berjalan/selesai)
- c. Nilai kecepatan kendaraan yang terdeteksi
- d. Konfirmasi pencatatan atau penyimpanan data

Penggunaan LCD I2C pada sistem berbasis ESP32 memberikan beberapa keuntungan, antara lain:

- Menghemat jumlah pin GPIO
- Mempermudah proses wiring
- Mendukung komunikasi data yang stabil
- Memudahkan proses debugging tanpa memerlukan koneksi komputer

Modul LCD I2C umumnya menggunakan IC ekspander seperti PCF8574 yang mengubah komunikasi I2C menjadi sinyal paralel untuk LCD. Dengan demikian, ESP32 dapat mengontrol tampilan hanya melalui dua jalur komunikasi.

Pada sistem monitoring kecepatan kendaraan yang dirancang, LCD 16x2 berfungsi sebagai indikator visual untuk menampilkan hasil pembacaan sensor photo beam dan status sistem secara langsung kepada pengguna. Gambar LCD I2C dan Pinout dapat dilihat pada gambar 2.17 dan tabel 2-9.

**Tabel 2- 9** Deskripsi Pin Modul LCD I2C

<b>Pin</b>	<b>Deskripsi</b>
GND	Ground – dihubungkan ke GND pada mikrokontroler.
VCC	Tegangan input – dihubungkan ke 5V (beberapa modul kompatibel juga dengan 3.3V).
SDA	Jalur data I2C (terhubung ke GPIO ESP32)
SCL	Jalur data I2C (terhubung ke GPIO ESP32)



**Gambar 2. 17** Gambar dan Pinout LCD I2C

### 2.2.9 Baterai VRLA 12V 7Ah

Baterai merupakan perangkat elektrokimia yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia dan melepaskannya kembali dalam bentuk energi listrik saat dibutuhkan oleh sistem. Pada penelitian ini, digunakan baterai jenis *Valve Regulated Lead Acid* atau yang sering dikenal sebagai baterai kering (*Sealed Lead Acid*).

Baterai VRLA memiliki keunggulan utama berupa sifatnya yang bebas perawatan di mana pengguna tidak perlu melakukan pengisian ulang air aki secara berkala karena sistem katup pengamannya mampu melakukan rekombinasi gas oksigen dan hidrogen kembali menjadi air di dalam sel baterai[17]. Spesifikasi tegangan nominal 12 Volt dan kapasitas 7Ah menunjukkan bahwa secara teoretis baterai ini mampu menyuplai arus sebesar 7 Ampere selama satu jam, atau arus yang lebih kecil dalam durasi yang lebih lama misalnya 0,35 Ampere selama 20 jam sesuai standar *discharge rate*.

Dalam sistem monitoring kecepatan ini, baterai berfungsi sebagai jantung penyimpanan energi. Keberadaan baterai menjamin reliabilitas sistem agar tetap dapat beroperasi secara kontinu selama 24 jam, mengompensasi fluktuasi energi yang dihasilkan oleh panel surya akibat perubahan cuaca, serta menyediakan arus instan yang stabil bagi mikrokontroler ESP32 dan sensor *photo beam* saat melakukan proses deteksi dan transmisi data ke *spreadsheet*.

### 2.2.10 Solar Charge Control

*Solar Charge Controller* (SCC) merupakan perangkat elektronika daya yang berfungsi sebagai regulator tegangan dan arus yang mengalir dari panel surya menuju baterai, sekaligus mengontrol distribusi daya ke beban. Unit yang digunakan dalam sistem ini adalah SCC tipe *Pulse Width Modulation* (PWM) dengan kapasitas arus maksimal sebesar 10 Ampere.

Prinsip kerja SCC tipe PWM adalah dengan melakukan pensaklaran frekuensi tinggi untuk menyesuaikan tegangan panel surya dengan tegangan baterai. Saat baterai mendekati kapasitas penuh, SCC akan mempersempit lebar pulsa arus (*duty cycle*) guna mencegah terjadinya *overcharging* yang dapat menyebabkan *overheating* dan penguapan elektrolit. Selain itu, SCC ini dilengkapi dengan fitur *Low Voltage Disconnect* (LVD) yang secara otomatis akan memutus aliran listrik ke beban jika tegangan baterai turun di bawah ambang batas aman umumnya 10.8V - 11.1V, sehingga baterai terlindungi dari kondisi *deep discharge* yang dapat memperpendek usia pakai[18].

Pemilihan kapasitas 10A pada SCC ini memberikan faktor yang sangat baik bagi sistem, mengingat arus maksimal yang dihasilkan oleh panel surya 20 Wp hanya berkisar antara 1.1 hingga 1.2 Ampere. Dengan kapasitas yang lebih besar dari kebutuhan beban, SCC dapat bekerja dengan suhu yang lebih rendah dan memiliki durabilitas yang lebih tinggi dalam pengoperasian jangka panjang di lapangan.

### 2.2.11 Power Supply

*Power supply adaptor switching* 12V 3A merupakan perangkat catu daya yang digunakan untuk menyediakan tegangan searah sebesar 12 Volt dengan kapasitas arus hingga 3 Ampere guna memenuhi kebutuhan daya pada sistem yang dirancang. Perangkat ini termasuk ke dalam jenis *Switch-Mode Power Supply* yang bekerja dengan prinsip pensaklaran frekuensi tinggi, sehingga mampu menghasilkan ukuran yang lebih ringkas dan efisiensi daya yang lebih tinggi dibandingkan catu daya linier konvensional[20].

Prinsip kerja *power supply switching* diawali dengan penyearahan tegangan bolak-balik dari sumber listrik PLN menjadi tegangan searah, yang kemudian

diolah melalui rangkaian pensaklaran frekuensi tinggi. Tegangan tersebut diproses oleh komponen transformator *switching* untuk diturunkan ke level 12V DC dan distabilkan melalui rangkaian penyangar agar diperoleh tegangan yang konstan serta aman bagi beban elektronik.

Pada sistem monitoring ini, *power supply* adaptor *switching* 12V 3A digunakan sebagai sumber daya utama pada unit pemancar (*transmitter*). Penggunaan adaptor ini memastikan sensor pemancar memperoleh suplai daya yang stabil secara kontinu dari jaringan PLN, sehingga proses pemancaran sinar inframerah tetap optimal. Spesifikasi lengkap dari catu daya yang digunakan ditampilkan pada Tabel 2-10, sedangkan Gambar 2.18 memperlihatkan bentuk fisik dari adaptor serta simbol yang digunakan dalam wiring diagram.

**Tabel 2- 10** Spesifikasi Power Supply Yang Digunakan

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Output	12V DC
Arus Maksimum	3A
Daya Maksimum	36W
Tipe <i>Power Supply</i>	Switch Mode Power Supply
Tegangan Input	100V-265V 50/60Hz
Fungsi Pada Sistem	Menyediakan catu daya 12V DC untuk rangkaian sistem



**Gambar 2. 18** Bentuk Fisik Power Supply

### 2.2.12 Panel Surya (PLTS)

Panel surya (solar panel) merupakan perangkat yang digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC) melalui efek fotovoltaiik. Panel surya tersusun dari beberapa sel surya berbahan semikonduktor, umumnya silikon, yang mampu menghasilkan tegangan listrik ketika terkena radiasi cahaya matahari. Energi listrik yang dihasilkan panel surya dimanfaatkan sebagai sumber daya alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan[17].

Prinsip kerja panel surya didasarkan pada efek fotovoltaiik, yaitu fenomena ketika foton cahaya matahari mengenai permukaan sel surya dan menyebabkan elektron bergerak dari pita valensi ke pita konduksi. Pergerakan elektron ini menghasilkan arus listrik DC pada terminal keluaran panel surya. Tegangan dan arus yang dihasilkan bergantung pada intensitas cahaya matahari, luas permukaan panel, serta karakteristik material sel surya yang digunakan.

Panel surya banyak digunakan pada berbagai aplikasi sistem elektronika dan kelistrikan, seperti sistem penerangan, pembangkit listrik tenaga surya skala kecil, sistem monitoring, serta perangkat berbasis mikrokontroler. Penggunaan panel surya memungkinkan sistem untuk beroperasi secara mandiri tanpa ketergantungan penuh pada sumber listrik konvensional, sekaligus mendukung pemanfaatan energi terbarukan.

Pada sistem yang dirancang, panel surya digunakan sebagai salah satu sumber catu daya untuk menyuplai energi listrik pada bagian tertentu dari sistem. Energi listrik yang dihasilkan panel surya kemudian diatur dan disesuaikan melalui rangkaian pendukung agar dapat digunakan secara aman dan stabil oleh beban. Pemanfaatan panel surya pada sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi serta mendukung konsep sistem yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Bentuk fisik panel surya ditunjukkan pada Gambar 2.19, sedangkan spesifikasi teknis panel surya yang digunakan disajikan pada Tabel 2-11.

**Tabel 2- 11** Spesifikasi Panel Surya Yang Digunakan

Parameter	Spesifikasi
Jenis Panel	Monocrystalline
Merek	Mitsuyama
Daya Maksimum	20Wp
Tegangan Daya Maksimum	18V
Arus Daya Maksimum	1,11A
Fungsi Pada Sistem	Sistem PLTS kecil, sistem monitoring, sensor, dan perangkat berbasis mikrokontroller

**Gambar 2. 19** Bentuk Fisik Panel Surya

### 2.2.13 Sistem Catu Daya

Sistem catu daya pada penelitian ini dirancang secara komprehensif untuk menyediakan suplai energi listrik yang stabil dan berkelanjutan bagi seluruh komponen sistem terintegrasi. Mengingat perangkat monitoring ini terdiri dari dua unit yang terpisah secara fisik, yaitu unit penerima (*receiver*) dan unit pemancar (*transmitter*), maka rancangan sistem catu daya dibagi menjadi dua metode penyediaan energi yang berbeda guna menyesuaikan dengan karakteristik operasional masing-masing unit.

Pada unit penerima yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data, sistem menggunakan skema mandiri tenaga surya *Off Grid Solar System*. Sumber energi utama berasal dari panel surya monocrystalline dengan kapasitas 20 Wp yang bertugas mengonversi energi matahari menjadi listrik arus searah. Aliran energi ini diatur secara cerdas oleh *Solar Charge Controller* yang berfungsi mengoptimalkan

proses pengisian daya ke dalam baterai 12V 7Ah serta mencegah terjadinya pengisian berlebih maupun pengosongan berlebih. Keberadaan baterai sebagai media penyimpanan energi menjadi komponen krusial yang menjamin sistem tetap dapat beroperasi secara kontinu selama 24 jam, termasuk pada malam hari atau saat intensitas cahaya matahari rendah. Untuk memenuhi kebutuhan tegangan operasional mikrokontroler ESP32 yang bekerja pada level 5V, sistem dilengkapi dengan modul stepdown yang berfungsi menurunkan tegangan dari baterai secara efisien dan stabil[20].

Sementara itu, unit pemancar dirancang untuk menggunakan sumber daya dari jaringan listrik PLN 220V AC yang tersedia di lokasi penelitian. Pendekatan ini dipilih untuk menyederhanakan instalasi pada sisi pemancar yang membutuhkan suplai daya kontinu tanpa jeda. Tegangan bolak-balik dari PLN dikonversi menjadi tegangan searah melalui Power Supply Unit dengan keluaran 12V 3A. Tegangan DC yang stabil ini disuplai secara langsung ke sensor pemancar (*transmitter photo beam*) untuk memastikan sinar inframerah dapat dipancarkan dengan kuat dan konsisten menuju unit penerima.

Secara keseluruhan, integrasi antara sistem tenaga surya mandiri pada unit penerima dan suplai listrik PLN pada unit pemancar menciptakan sinergi yang mengoptimalkan reliabilitas sistem monitoring. Penggunaan baterai dan SCC pada unit pusat data memastikan bahwa proses perekaman dan pengiriman data kecepatan kendaraan ke *spreadsheet* tetap berjalan meskipun terjadi fluktuasi cuaca, sehingga sistem memiliki ketahanan operasional yang tinggi dalam mendukung pengumpulan data lalu lintas secara real-time.

#### **2.2.14 Website Monitoring**

Website merupakan sekumpulan halaman yang saling terhubung dalam suatu jaringan dan dapat diakses melalui internet menggunakan protokol HTTP maupun HTTPS. Pada sistem monitoring, website berperan sebagai media antarmuka pengguna (*user interface*) yang memungkinkan pengguna untuk melihat serta berinteraksi dengan data yang ditampilkan secara real-time. Melalui website, informasi yang diperoleh dari sistem dapat dipantau dengan mudah dari berbagai perangkat selama terhubung ke jaringan internet.

Dalam pengembangan sistem monitoring berbasis website ini digunakan beberapa bahasa pemrograman web, yaitu HTML, CSS, JavaScript, dan PHP. Keempat bahasa tersebut saling melengkapi dalam membangun tampilan yang informatif, interaktif, serta mampu menangani proses pertukaran data antara pengguna dan server. Proses pembuatan website dilakukan menggunakan aplikasi Visual Studio Code (VS Code), yang merupakan editor kode modern dengan berbagai fitur pendukung seperti penulisan program, pengujian, serta debugging.

1. HTML (HyperText Markup Language) digunakan sebagai dasar dalam penyusunan struktur halaman web. HTML berfungsi untuk mengatur susunan elemen-elemen utama seperti judul, teks, tabel, gambar, tombol, dan formulir. Pada sistem monitoring ini, HTML dimanfaatkan untuk membangun tampilan dashboard serta menampilkan data hasil pemantauan dalam bentuk tabel. Selain itu, elemen formulir seperti `<form>`, `<input>`, dan `<button>` digunakan untuk menerima masukan dari pengguna apabila diperlukan.
2. CSS (Cascading Style Sheets) berfungsi untuk mengatur tampilan visual halaman agar lebih menarik dan mudah dipahami. Pengaturan yang dilakukan meliputi warna latar belakang, ukuran dan jenis huruf, jarak antar elemen, posisi objek, serta tata letak keseluruhan halaman. Dengan penggunaan CSS, tampilan dashboard menjadi lebih rapi dan nyaman digunakan. Selain itu, teknik responsive design juga diterapkan agar halaman website dapat menyesuaikan dengan berbagai ukuran layar, baik pada komputer maupun perangkat seluler.
3. JavaScript merupakan bahasa pemrograman yang berjalan di sisi klien dan digunakan untuk menambahkan fungsi interaktif pada halaman web. Dalam sistem monitoring ini, JavaScript berperan dalam memproses interaksi pengguna, melakukan validasi input, serta memperbarui tampilan data secara dinamis tanpa harus memuat ulang halaman. Proses pembaruan data dapat dilakukan menggunakan teknik AJAX sehingga informasi monitoring dapat ditampilkan secara real-time.
4. PHP (Hypertext Preprocessor) merupakan bahasa pemrograman yang berjalan di sisi server dan digunakan untuk memproses logika program serta menghubungkan website dengan basis data. PHP berfungsi untuk menerima

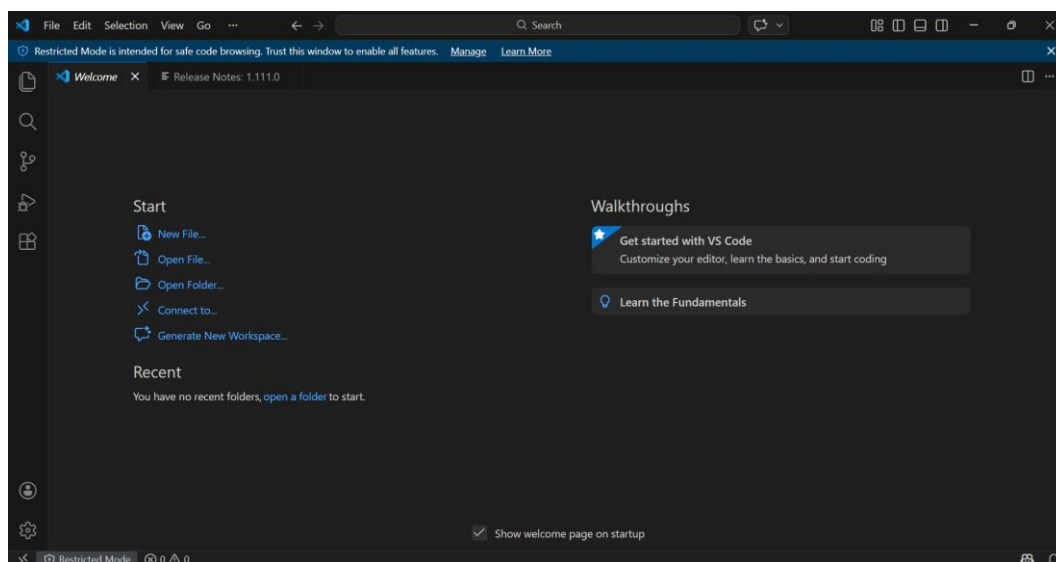
data dari pengguna maupun perangkat, menyimpan data ke dalam database MySQL, serta mengambil kembali data tersebut untuk ditampilkan pada halaman web. Selain itu, PHP juga mengatur berbagai proses backend sehingga sistem dapat berjalan secara terstruktur dan aman.

Dalam proses pengembangan website, setiap berkas program disimpan dengan ekstensi sesuai bahasa yang digunakan agar dapat dikenali dengan baik oleh editor maupun server. Sebagai contoh, berkas `dashboard.html` digunakan untuk struktur halaman, `style_dashboard.css` untuk pengaturan tampilan, `proses.js` untuk fungsi interaktif, dan `export_data.php` untuk pengolahan data di sisi server. Penyesuaian penamaan berkas ini penting untuk menjaga kerapian proyek serta memudahkan proses pengembangan dan pemeliharaan sistem.



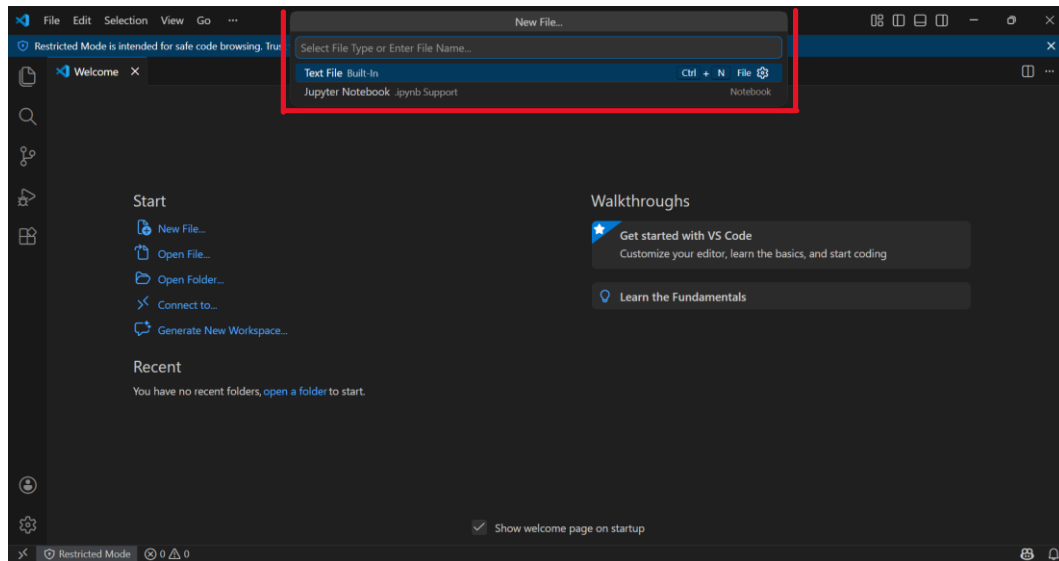
**Gambar 2. 20** Format Penyimpanan File Kode Sesuai Bahasa Yang Digunakan Untuk mulai membuat website menggunakan VS Code dapat melakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Buka Visual Studio Code sehingga akan menunjukkan tampilan awal seperti pada Gambar 2.21.



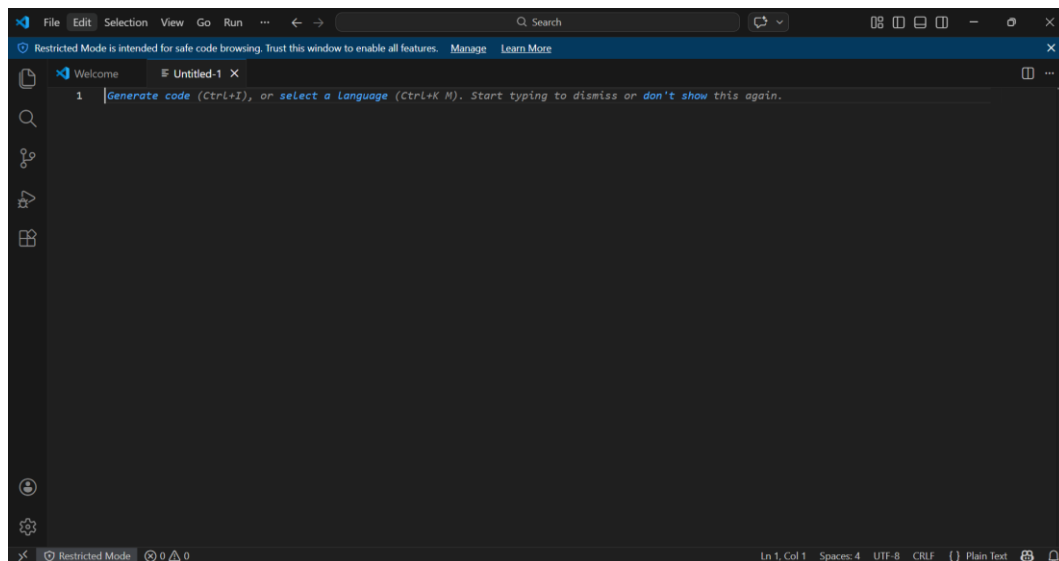
**Gambar 2. 21** Tampilan Awal Visual Studio Code

2. Pilih menu New File dan pilih Text File seperti pada Gambar 2.22



**Gambar 2. 22** Menu Text File Untuk Memulai Pemrograman

3. Setelah memilih menu Text File, pengguna akan diarahkan ke workspace utama seperti pada Gambar 2.23 yang siap digunakan untuk pemrograman.



**Gambar 2. 23** Workspace Utama Visual Studio Code

### 2.2.15 Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) merupakan sebuah perangkat lunak editor kode sumber (source-code editor) yang dikembangkan oleh Microsoft dan dapat digunakan secara gratis pada berbagai sistem operasi seperti Windows, macOS, dan Linux. VS Code banyak digunakan oleh pengembang perangkat lunak karena

memiliki ukuran yang ringan, tampilan yang sederhana, serta mendukung berbagai bahasa pemrograman modern.

Dalam perancangan sistem pada proyek ini, VS Code digunakan sebagai lingkungan pengembangan utama untuk menulis dan mengelola kode program pada website monitoring. Bahasa pemrograman yang digunakan meliputi HTML, CSS, JavaScript, dan PHP yang berfungsi untuk membangun tampilan antarmuka serta logika sistem pada sisi server maupun klien. Dengan menggunakan VS Code, proses penulisan kode dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan efisien. Salah satu keunggulan VS Code adalah dukungan terhadap berbagai ekstensi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengembangan. Ekstensi tersebut membantu dalam mempercepat proses penulisan kode melalui fitur seperti auto-complete, syntax highlighting, serta pendeteksian kesalahan secara otomatis. Selain itu, VS Code juga menyediakan fitur debugging dan live preview yang memudahkan pengembang dalam melakukan pengujian tampilan website secara langsung melalui browser.

Penggunaan VS Code juga mempermudah pengelolaan berkas proyek karena seluruh file program dapat diorganisasi dalam satu workspace. Hal ini sangat membantu dalam proses pengembangan sistem monitoring yang terdiri dari beberapa berkas dengan bahasa pemrograman yang berbeda.

Berdasarkan berbagai keunggulan tersebut, Visual Studio Code dipilih sebagai alat utama dalam proses pengembangan sistem karena mampu memberikan kemudahan, efisiensi, serta kenyamanan dalam penulisan dan pengelolaan kode program.