

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian [5] penulis membahas mengenai perancangan alat sensor ketinggian air dengan menggunakan transistor *water level* sensor sebagai sensor ketinggian air. Prinsip kerjanya mengintegrasikan kamera dengan mikrokontroler dan modul ESP 8266, yang dapat menghasilkan *output* melalui aplikasi telegram untuk memantau ketinggian air di suatu lokasi.

Penelitian [6] penulis menggunakan metode logika *fuzzy* dalam penelitiannya, di mana logika *fuzzy* digunakan untuk menentukan ketinggian air dengan memanfaatkan sensor non-instruksi. Dengan mempertimbangkan berbagai Tugas Akhir tersebut, guna menghindari kemiripan dalam penyusunan Tugas Akhir, penelitian ini akan fokus pada pembuatan sensor ketinggian air menggunakan sensor *water level* K-0135 pada *tank capacity* toilet gerbong kereta api, dengan penerapan jalur PCB sebagai sensor pendeteksi ketinggian air. Sensor *water level* K-0135 ini berfungsi memberikan informasi level air pada setiap ketinggiannya.

Dalam konteks ini, ESP32 sebagai mikrokontroler *open-source* diadopsi untuk memudahkan integrasi sensor ke dalam sistem. Sensor *water level* K-0135 memberikan kemampuan untuk memberikan informasi *real-time* tentang tinggi air di dalam gerbong, memungkinkan deteksi dini terhadap potensi risiko yang dapat mempengaruhi operasional kereta api. Keandalan ESP32 terhadap kondisi lingkungan yang keras, seperti getaran, suhu ekstrem, dan kelembaban tinggi, menjadikannya pilihan yang tepat untuk penggunaan di dalam gerbong kereta api. Dengan demikian, sistem monitoring dapat diandalkan untuk beroperasi konsisten bahkan dalam kondisi lingkungan yang tidak bersahabat [7].

Implementasi teknologi sensor *water level* pada gerbong kereta api melibatkan integrasi sensor ke dalam sistem monitoring secara menyeluruh. ESP32 dan sensor *water level* diprogram untuk mengukur kapabilitas air secara berkala dan mentransmisikan data ke *software* *Arduino cloud*. Data ini menjadi sumber informasi yang dapat diandalkan untuk mengidentifikasi potensi masalah, memberikan pemahaman lebih lanjut tentang kondisi di dalam gerbong, dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat waktu [7].

2.2 Dasar Teori

Toilet di dalam gerbong kereta api merupakan fasilitas yang perlu mendapatkan perhatian khusus terkait kapabilitas airnya. Sistem pemantauan kapabilitas air di toilet bertujuan untuk memastikan ketersediaan air yang mencukupi, mencegah kehabisan air, dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Pemantauan pada transportasi umum telah menjadi fokus penelitian yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan kenyamanan. Penerapan teknologi pemantauan di gerbong kereta api dapat meningkatkan pengelolaan sumber daya, termasuk pemantauan kapabilitas air di toilet, yang merupakan bagian vital dari pelayanan penumpang. Menyelidiki studi sebelumnya terkait sistem pemantauan toilet di transportasi umum, menerapkan teknologi IoT di kereta api, dan menggunakan sensor *water level* dalam berbagai konteks adalah upaya penting untuk membangun dasar pengetahuan yang komprehensif dan mengidentifikasi kekosongan penelitian.

2.2.1 Arduino Uno Dan Mikrikontroler ESP32

Dalam pengembangan dan penelitian, peneliti sering menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler. Arduino Uno adalah suatu susunan yang berasal dari mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Penyediaan daya untuk Arduino Uno dapat dilakukan melalui koneksi *USB* atau dengan *power supply* eksternal, yang dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (*non-USB*) dapat diperoleh dari adaptor AC ke DC atau baterai. Arduino Uno memiliki pin ADC 10-bit, sehingga nilai hasil konversi berkisar antara 0 hingga 1023. Meskipun demikian, Arduino Uno memiliki kekurangan karena tidak dapat terkoneksi dengan *Wi-Fi*. Untuk mengatasi keterbatasan ini, penambahan komponen *Wi-Fi module* diperlukan. Sebagai alternatif dan untuk mengatasi kekurangan Arduino Uno, mikrokontroler yang berbeda, yaitu ESP32, dipilih [8].

Mikrokontroler ESP32 adalah *System on Chip* (SoC) terpadu yang dilengkapi dengan *Wi-Fi* 802.11 b/g/n, *Bluetooth* versi 4.2, dan berbagai *periferal*. *Chip* ini menggunakan mikroprosesor *dual-core* Xtensa LX6 32 bit. Kapasitas ruang alamat untuk data dan instruksi mencapai 4 GB, sementara ruang alamat *periferal* mencapai 512 kB. Memori yang terdapat pada *chip* ini melibatkan 448 kB ROM,

520 kB SRAM, dua 8 kB RTC *memory*, dan *flash memory* sebesar 4MB. Terdapat 18 pinADC (12-bit), empat SPI, dan dua I2C [9].

ESP32 merupakan *chip* yang sangat lengkap, mencakup prosesor, penyimpanan, dan akses pada GPIO (*General Purpose Input Output*). Mikrokontroler ini dapat digunakan sebagai pengganti pada platform Arduino, serta mampu mendukung koneksi *Wi-Fi* secara langsung. Terdapat dua versi dari *board* ini, yaitu 30 GPIO dan 36 GPIO, dengan fungsi yang sama. Versi 30 GPIO dipilih karena memiliki dua pin GND. Semua pin pada *board* ini diberi label dengan jelas di bagian atas, memudahkan pengenalan. *Interface USB to UART* mempermudah proses pemrograman menggunakan aplikasi pengembangan seperti Arduino IDE.

Daya pada *board* dapat disuplai melalui konektor *micro USB*. Kelebihan utama mikrokontroler ini meliputi harganya yang terjangkau, kemudahan dalam pemrograman, jumlah pin I/O yang memadai, dan keberadaan adapter *Wi-Fi* internal untuk akses ke jaringan Internet. Beberapa *board* yang menggunakan ESP32 antara lain NodeMCU-32S, Wemos LoLin32, DOIT ESP32, Sparkfun ESP32, dan Adafruit ESP32. Ilustrasi pada Gambar 2.2.2 menunjukkan beberapa *board* yang berbasis pada *chip* ESP32 [10].

Mikrokontroler ESP32, dengan kemampuan *Wi-Fi*, *Bluetooth*, dan komputasi yang tinggi, menjadi pilihan ideal untuk implementasi sistem monitoring. Keunggulan ini memungkinkan pengambilan data secara *real-time* dan konektivitas dengan platform *cloud* untuk penyimpanan dan analisis. Selain itu, ESP32 dapat digunakan untuk mengintegrasikan sensor *water level* pada toilet gerbong kereta api dan mengirimkan data ke platform *cloud*. Dengan kemampuan sensor dan komunikasi nirkabel, ESP32 memberikan informasi akurat mengenai kapabilitas air toilet, mendukung pengelolaan yang efektif dan memastikan ketersediaan fasilitas tersebut selama perjalanan [11].

ESP32, yang dikenal sebagai mikrokontroler yang *powerful*, telah menarik perhatian dalam berbagai aplikasi berbasis IoT (*Internet of Things*). Kemampuannya dalam berkomunikasi secara nirkabel, terutama melalui *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, membuatnya cocok untuk digunakan dalam sistem monitoring. Selain itu, performa komputasinya yang tinggi membuka peluang untuk pengolahan data yang kompleks. Dalam konteks implementasi sistem monitoring kapabilitas air

pada toilet gerbong kereta api, ESP32 menawarkan solusi yang handal dan canggih [11].

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32 [11].

Atribut	Detail
CPU	Xtensa <i>dual-core (or single-core)</i> 32-bit LX6 <i>microprocessor, operating at 160 or 240 MHz.</i>
SRAM	520 KB
FLASH	2MB(Max.64MB)
Tegangan	2.2V Sampai 3.6V
Arus Kerja	Rata-rata 80mA
Dapat Di Program	YA (C, C++, <i>Phyton</i> , Lua, DLL)
<i>Open Source</i>	YA
Konektivitas	
<i>Wi-Fi</i>	02.11 b/g/n
<i>Bluetooth</i>	v4.2 BR/EDR <i>and</i> BLE
UART	3
I/O	
GPIO	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18 (12-bit)
DAC	2 (8-bit)

Secara umum, ESP32 dapat mengelompokkan pinnya berdasarkan fungsi dengan cara yang sederhana, untuk pinnya tersebut antara lain [11].:

1. *Power Pins*, terdapat 2 pin *power* viz. Pin *VIN* dan 3.3V Pin. Pin *VIN* dapat digunakan untuk men-*supply* ESP32 dan perangkat nya secara langsung, jika kita menggunakan tegangan 5V. Pin 3.3V merupakan *output* dari *on board regulator*. Pin ini dapat digunakan untuk men-*supply power* ke komponen lainnya [11].
2. GND adalah pin *ground* di ESP32 *dev Board*, berfungsi sebagai referensi nol tegangan dalam rangkaian. Semua *voltase* dalam sistem diukur terhadap titik *ground*. [11].
3. *GPIO Pins* ESP32 *Dev Board* memiliki 25 pin GPIO yang dapat di sesuaikan dengan program yang dibuat. Setiap GPIO yang diaktifkan secara digital dapat di set dengan internal *pull-up* atau *pull-down* atau di set ke *high impedansi*.

Ketika di set menjadi *input*, GPIO juga bisa kita set menjadi *edge-trigger* atau *level-trigger* untuk menghasilkan CPU *interrupts* [11].

4. *ADC Channels Board* ini mengintegrasikan 12-bit SAR ADC dan 15 *Channel* pin analog. Beberapa Pin ini bisa digunakan untuk membuat penguat amplifier yang dapat digunakan untuk pengukuran sinyal analog yang rendah. ESP32 juga di *design* untuk mengukur tegangan ketika beroperasi dalam mode *sleep* [11].
5. *DAC Channels Board* ini memiliki fitur *dual* 8-bit DAC *channel* yang berfungsi untuk mengubah sinyal digital menjadi tegangan analog. *Dual* DAC ini dapat juga digunakan untuk *men-drive* rangkaian lainnya [11].
6. *Touch Pads Board* ini mempunyai 9 *capacitive* sensing GPIO yang dapat mendeteksi berbagai *capacitive* dengan kontak langsung atau *close proximity* melalui sentuhan jari atau benda lain [11].
7. *UART Pins ESP32 Dev Board* memiliki 2 UART interfaces, yaitu UART0 dan UART2, yang menyediakan komunikasi asinkron (RS232 dan RS485) dan juga IrDA dan dapat berkomunikasi hingga 5Mbps. UART juga menyediakan manajemen *hardware* dari CTS dan sinyal RTS dan *software flow control* (XON dan XOFF) [11].
8. *SPI Pins ESP32* memiliki 3 SPI (SPI, HSPI dan VSPI) dalam *slave* dan *master* mode. SPI ini juga mendukung [11]:
 - 4 *timing modes of the SPI format transfer*
 - *Up to 80 MHz and the divided clocks of 80 MHz*
 - *Up to 64-Byte FIFO*Semua SPI dapat juga digunakan untuk terhubung dengan external *flash* atau SRAM dan LCD [11].
9. *PWM (Pulse Width Modulation) Pins Board* ini memiliki 25 *Channel* Pin PWM (*Pulse Width Modulation*). *Output* dari PWM (*Pulse Width Modulation*) dapat digunakan untuk *men-drive* digital motor dan LED. *Controller* ini terdiri dari PWM (*Pulse Width Modulation*) *timer* dan PWM (*Pulse Width Modulation*) operator. Setiap *timer* menghasilkan sinkronisasi waktu atau dalam bentuk independent dan setiap PWM operator menghasilkan bentuk gelombang untuk satu PWM channel [11].

10. EN Pin digunakan untuk meng-*enable* ESP32. Chip ini di *enable* dengan di set *HIGH*, saat di set *LOW*, chip bekerja dengan *power* minimum [11].



Gambar 2. 1 Macam-Macam *Board* ESP32 [10].

2.2.2 ESP32 *Board Shield*

Dalam pengembangan perangkat keras, "*board shield*" adalah tambahan yang dipasang di atas papan pengembangan tertentu seperti nodeMCU ESP32. NodeMCU ESP32 adalah salah satu papan pengembangan berbasis mikrokontroler ESP32. Dengan menggunakan ESP32 *Shield*, pengguna dapat meningkatkan jumlah pin yang tersedia pada ESP32, menghilangkan kebutuhan akan *breadboard* dalam merancang perangkat, dan menyediakan pin *header* seperti 5 Volt, 3,3 Volt, dan *Ground*. Penggunaan *shield* ini juga cukup sederhana, hanya perlu memasang mikrokontroler ESP32 ke *slot* yang telah disediakan di atas ESP32 *Shield*. Selain itu, *board shield* juga membantu mengurangi ketergantungan pada *breadboard* dalam merancang dan menghubungkan komponen elektronik pada nodeMCU ESP32 [12].



Gambar 2. 2 ESP32 *Board Shield* [12].

2.2.3 Prinsip Pengukuran Kapabilitas Air

Dalam melakukan pengukuran kapabilitas air, opsi yang dapat digunakan mencakup pemanfaatan berbagai jenis sensor, seperti sensor ultrasonik, sensor tekanan, dan sensor optik. Penting untuk disadari bahwa setiap sensor beroperasi sesuai dengan prinsip kerjanya sendiri. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang karakteristik masing-masing sensor dan sejauh mana sensor dapat menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan menjadi elemen kunci dalam proses pengambilan data. Hal ini bertujuan untuk memastikan tingkat akurasi yang diperlukan untuk keperluan analisis dan pemantauan yang efektif [13].

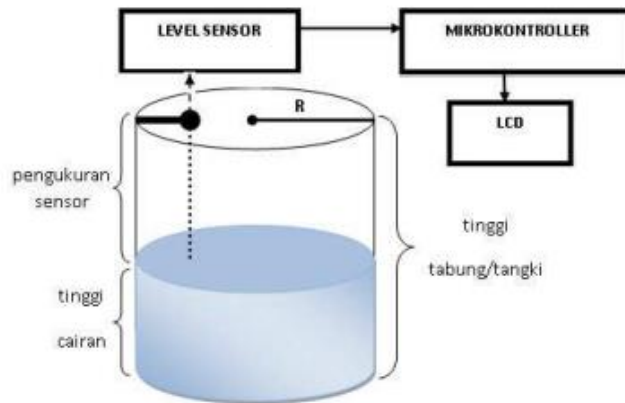
Sensor ultrasonik, sebagai salah satu opsi yang umum digunakan, menggunakan gelombang suara untuk mengukur jarak antara sensor dan permukaan air. Prinsip kerja ini melibatkan pengiriman gelombang ultrasonik dan pengukuran waktu pantulan untuk menentukan tingkat air. Keunggulan dari sensor ini terletak pada ketepatannya dalam mengukur tingkat air, walaupun dapat terpengaruh oleh keberadaan objek lain dalam tangka [13].

Sensor tekanan, di sisi lain, bekerja berdasarkan perubahan tekanan air pada sensor. Semakin tinggi tingkat air, semakin besar tekanan yang dirasakan oleh sensor. Sensor ini sering digunakan karena sederhana dan dapat memberikan hasil yang konsisten. Namun, keakuratannya dapat terpengaruh oleh perubahan tekanan atmosfer dan perubahan suhu [13].

Sementara itu, sensor optik menggunakan cahaya untuk mendeteksi tingkat air. Prinsip kerjanya adalah dengan memantau cahaya yang dipantulkan oleh permukaan air. Keuntungan dari sensor optik melibatkan tidakberkontak langsung dengan air, menghindari potensi kerusakan akibat kontak langsung. Namun, kekurangan sensor ini dapat muncul ketika terdapat endapan atau kotoran yang dapat mengganggu pemantauan cahaya [13].

Pemilihan sensor harus disesuaikan dengan karakteristik spesifik aplikasi, termasuk kondisi lingkungan di mana sensor akan digunakan. Misalnya, dalam lingkungan yang rentan terhadap kotoran atau endapan, penggunaan sensor optik mungkin lebih diutamakan. Sementara itu, jika ketepatan pengukuran sangat kritis, sensor ultrasonik atau sensor tekanan dapat menjadi pilihan yang lebih sesuai [13].

Proses pengambilan data harus mencakup langkah-langkah untuk memastikan keandalan dan akurasi. Kalibrasi sensor secara teratur menjadi langkah penting dalam memastikan hasil pengukuran yang konsisten. Selain itu, pemantauan kondisi lingkungan, seperti perubahan suhu dan tekanan atmosfer, juga harus diperhatikan agar hasil pengukuran tidak terpengaruh secara signifikan [13].



Gambar 2. 3 Ilustrasi Prinsip Pengukuran Kapabilitas Air [13].

2.2.4 Sensor *Water Level* K-0135

Sensor *water level* K-0135 pada Arduino merupakan perangkat yang difungsikan untuk mendeteksi atau mengukur kapabilitas air di suatu lokasi atau wadah. Prinsip operasional dari sensor ini berdasarkan pada kapasitansi. Ketika air mendekati atau menyentuh sensor, terjadi perubahan dalam kapasitansi antara sensor dan air. Perubahan ini diukur dan diterjemahkan sebagai nilai ketinggian air. Penggunaan sensor kapabilitas air pada Arduino memiliki berbagai penerapan, mulai dari aplikasi yang sederhana seperti pengaturan otomatis dalam tangki air hingga proyek-proyek yang lebih kompleks seperti sistem pemantauan banjir atau pengendalian tingkat air pada fasilitas industri. Oleh karena itu, alat ini menjadi komponen yang esensial dalam pengembangan sistem yang efektif dan handal untuk pemantauan dan pengendalian tinggi air [14].

Sensor *water level* K-0135 merupakan suatu alat sensor yang dirancang dan dibuat menggunakan teknologi PCB (*Printed Circuit Board*) untuk mendeteksi atau mengukur tingkat air dalam suatu wadah atau tangki. PCB (*Printed Circuit Board*) adalah papan sirkuit elektronik yang mengatur dan menghubungkan komponen

elektronik secara listrik. Biasanya terbuat dari *fiberglass* atau resin epoksi dengan jalur tembaga yang membentuk sirkuit elektrik [14].

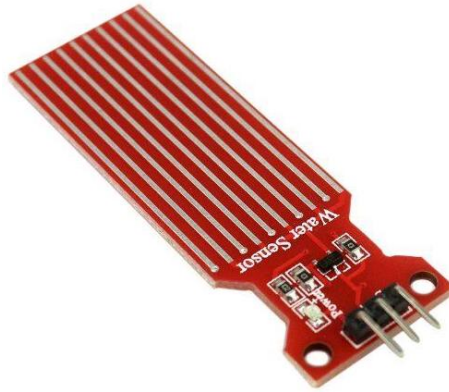
Resin epoksi, terdiri dari dua komponen utama yaitu resin epoksi (komponen A) dan pengeras (komponen B), saat dicampur bersama akan mengalami reaksi kimia yang menghasilkan material keras, tahan panas, dan tahan terhadap korosi. Resin epoksi sering digunakan dalam beragam aplikasi seperti pembuatan PCB (*Printed Circuit Board*), laminasi, pelapisan permukaan, serta produksi berbagai produk komposit. Fungsi dari PCB (*Printed Circuit Board*) sendiri memberikan platform mekanis dan listrik untuk menyusun komponen secara sistematis, memungkinkan produksi massal yang efisien dan pengembangan desain yang lebih kompleks. PCB (*Printed Circuit Board*) digunakan sebagai basis atau substrat tempat komponen-komponen sensor dipasang secara terstruktur dan terorganisir. Cara kerja sensor *water level* K-0135 pada PCB (*Printed Circuit Board*) umumnya bergantung pada perubahan resistansi atau kapasitansi akibat kontak dengan air. Ketika air menyentuh *probe* atau sensor pada PCB (*Printed Circuit Board*), sifat konduktifnya mengalami perubahan, dan perubahan ini diukur atau dideteksi untuk menentukan tingkat air. Desain PCB (*Printed Circuit Board*) untuk sensor *water level* melibatkan penempatan yang taktis dari *probe* atau sensor, jalur konduktif, dan kemungkinan penambahan komponen-komponen lain seperti IC penguat sinyal atau komponen perlindungan [14].

Sensor *water level* K-0135 dalam spesifikasinya memerlukan tegangan DC antara 3Volt dan 5Volt agar dapat beroperasi, dengan konsumsi arus kurang dari 20mA saat berfungsi. Jenis sinyal *output* yang dihasilkan oleh sensor ini adalah analog, dan sensor dapat mendeteksi ketinggian air pada area 40mm x 16mm. Rentang suhu operasionalnya adalah antara 10°C dan 30°C, namun sensor tidak dianjurkan untuk digunakan di lingkungan dengan kelembaban tinggi. Secara fisik, sensor ini memiliki dimensi 62mm x 20mm x 8mm [14].

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor *Water Level K-0135* [14].

<i>Specification</i>	
<i>Product name:</i>	<i>Water level sensor</i>
<i>Operating Voltage:</i>	DC 3V-5V
<i>Operating Current:</i>	Less than 20mA
<i>Sensor Type:</i>	Analog
<i>Detection Area:</i>	40x16mm
<i>Production Proses:</i>	FR4 <i>doubel-sided</i> HASL
<i>Operating Temperatur:</i>	10C-30C
<i>Humidity:</i>	<i>Non-Condensing</i>
<i>Product Dimension:</i>	62x20x8mm

Sensor *water level K-0135* berfungsi utama dalam mendeteksi kapabilitas air atau tingkat kelembapan pada suatu area atau tangki. Didesain khusus, sensor *water level K-0135* memberikan informasi yang sangat bermanfaat terkait kapabilitas air dalam suatu wadah. Penggunaannya sangat efektif dalam sistem otomatisasi karena memungkinkan pemantauan dan kontrol tingkat air. Sensor ini dapat mengemban peran dalam mengontrol pompa air, mengaktifkannya ketika tingkat air rendah untuk memastikan pasokan air yang memadai. Dalam konteks irigasi otomatis, sensor ini dapat mengelola penyiraman tanaman saat tingkat air mencapai batas tertentu. Tidak hanya itu, Sensor *water level K-0135* juga memiliki peran penting dalam mencegah banjir dengan memberikan peringatan dini saat tingkat air melampaui batas yang ditetapkan. Dalam berbagai industri dan aplikasi domestik, sensor ini digunakan untuk pemantauan dan pengendalian tingkat air, menjadikannya komponen krusial dalam sistem yang memerlukan manajemen tingkat air yang efisien dan terkendali. Dengan teknologi yang beragam seperti sensor ultrasonik, atau konduktivitas. Sensor *water level K-0135* dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari berbagai proyek atau sistem [14].



Gambar 2. 4 Sensor *Water Level* K-0135 [14].

2.2.5 Integrasi Sensor dan Mikrokontroler

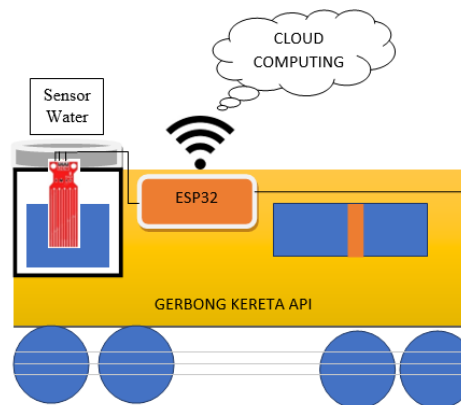
Integrasi antara sensor kapabilitas air dan mikrokontroler menjadi inti utama dalam pengembangan sistem ini. Dalam konteks ini, sensor memiliki fungsi krusial sebagai perangkat yang bertanggung jawab untuk mengukur kapabilitas air dengan akurat. Di sisi lain, mikrokontroler berperan sebagai inti pengelolaan data, penyimpanan informasi, dan transmisi data secara efisien ke berbagai elemen sistem. Sistem ini didesain dengan cermat untuk menjalin komunikasi *real-time* yang efektif dengan pusat pemantauan atau server terkait. Keberhasilan sistem ini terletak pada fasilitasnya dalam menyediakan pemantauan yang optimal melalui antarmuka pengguna yang intuitif. Melalui antarmuka ini, pengguna dapat dengan mudah memvisualisasikan data ketinggian air, menganalisis tren yang muncul, serta memberikan respons cepat terhadap setiap perubahan yang signifikan [15].

Sensor kapabilitas air, sebagai komponen pertama dalam integrasi ini, bekerja dengan presisi untuk mengukur tingkat air pada suatu lokasi tertentu. Ketepatan pengukuran ini menjadi kunci untuk memberikan informasi yang akurat dan relevan terkait kapabilitas air pada saat tertentu. Sifat *real-time* dari sensor memungkinkan sistem ini untuk memberikan pembaruan kontinu dan mendeteksi perubahan-perubahan secara cepat [16].

Sementara itu, peran mikrokontroler dalam integrasi ini sangat penting. Mikrokontroler berfungsi sebagai otak sistem, mengelola data yang diperoleh dari sensor dengan cerdas. Dengan kemampuannya dalam menyimpan data dan mengoordinasikan transmisi data, mikrokontroler memastikan bahwa informasi yang dikumpulkan dapat diakses dan dianalisis dengan efisiensi tinggi.

Keefisienan dalam penyimpanan dan transmisi data menjadi kunci utama dalam menjaga konsistensi sistem. Mikrokontroler mampu melakukan pengolahan data dengan cepat dan akurat, sehingga memungkinkan pengguna untuk memantau ketinggian air secara efektif tanpa keterlambatan yang signifikan [16].

Secara keseluruhan, sistem ini memprioritaskan keterhubungan antara sensor dan mikrokontroler untuk menciptakan solusi yang efisien dan responsif terhadap perubahan lingkungan. Kombinasi antara kemampuan sensor dalam pengukuran akurat dan peran strategis mikrokontroler dalam pengelolaan data memberikan fondasi yang kokoh untuk sistem pemantauan ketinggian air yang dapat diandalkan [16].



Gambar 2. 5 Integrasi Sensor dan Mikrokontroler.

2.2.6 Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)

Arduino IDE, singkatan dari *Integrated Development Environment*, merupakan sekumpulan instruksi yang memberikan panduan kepada perangkat keras tentang tindakan yang harus dilakukan dan cara melakukannya. Arduino IDE, yang merupakan perangkat lunak untuk menciptakan sketsa pemrograman, atau dikenal sebagai wadah pemrograman pada papan yang akan diprogram, memiliki peran integral dalam proses pengembangan. Fungsinya mencakup pengeditan, pembuatan, pengunggahan ke papan yang ditentukan, dan pengkodean program spesifik. Berbasis bahasa pemrograman JAVA, Arduino IDE dilengkapi dengan *library* C atau C++ (*wiring*), yang secara signifikan menyederhanakan operasi *input* atau *output*. Sketsa, yang merupakan program yang ditulis melalui Arduino IDE, disimpan dengan ekstensi *file* .ino. Dalam penulisan program menggunakan Arduino IDE, terdapat beberapa struktur dasar yang menjadi landasan setiap

program, yang umumnya disebut sebagai *sketch*. Setiap *sketch* Arduino memiliki dua fungsi utama yang esensial [17].:

1. Fungsi `void setup(){}:`

Fungsi *setup* dirancang untuk menjalankan program yang terdapat dalam kurung kurawalnya hanya satu kali. Pada tahap ini, variabel diinisialisasi dan pengaturan awal lainnya dilakukan [17].

2. Fungsi `void loop(){}:`

Fungsi *loop*, yang dijalankan setelah fungsi *setup* selesai, akan terus berulang secara terus-menerus. Setelah dijalankan sekali, fungsi ini akan kembali dijalankan dan diulang sampai catu daya dilepaskan [17].

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
}
```

Gambar 2. 6 Sketch Arduino IDE [17].

Arduino IDE, yang merupakan singkatan dari *Integrated Development Environment*, mewakili kumpulan instruksi yang memberikan panduan kepada perangkat keras mengenai tindakan dan cara melaksanakannya. Terdapat tiga bagian utama dalam Arduino IDE [17].:

1. *Command Area*

Bagian ini mencakup item menu seperti *File*, *Edit*, *Sketsa*, *Alat*, *Bantuan*, dan *icon* seperti *Verifikasi* dan *Unggah*. *Icon* *Verifikasi* digunakan untuk memverifikasi program, sedangkan *icon* *Unggah* berfungsi untuk mengunggah program ke papan Arduino. Terdapat pula opsi *Baru*, *Buka*, *Simpan*, dan *Serial Monitor* yang berguna untuk mengirim dan menerima data antara Arduino dan IDE [17].

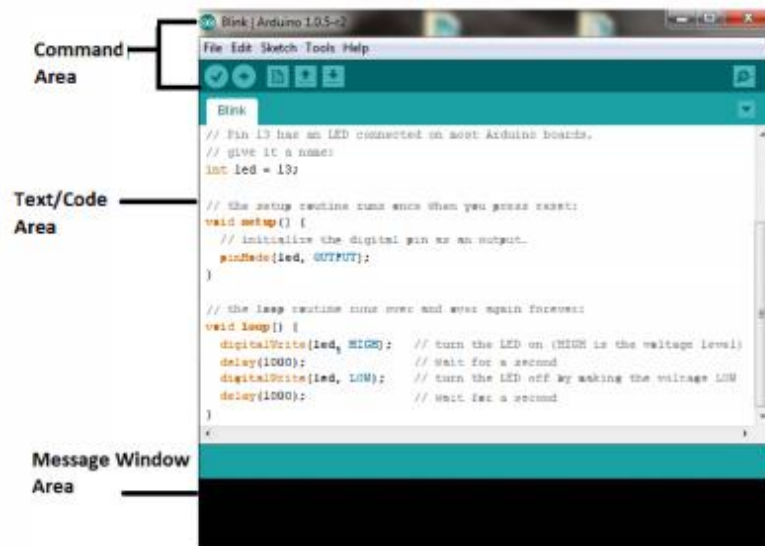
2. *Text Atau Code Area*

Area ini merupakan tempat menulis kode menggunakan versi sederhana dari bahasa pemrograman C++. Versi sederhana ini disebut juga sebagai "sketsa," yang memudahkan penulisan program. Saat menulis kode, terdapat dua bagian utama, yaitu fungsi penyiapan dan perulangan rutin. Fungsi penyiapan digunakan untuk menginisialisasi variabel yang akan digunakan dan menetapkannya. Setelah itu, rutinitas penyiapan dimulai, di mana dapat mengatur kondisi awal variabel dan menjalankan kode awal hanya sekali [17].

3. *Message Window Area*

Area Jendela Pesan adalah bagian yang menampilkan pesan-pesan dari IDE pada area berwarna hitam, terutama berkaitan dengan variasi pada kode yang ditulis. Area ini menampilkan pesan-pesan dari IDE, termasuk pesan kesalahan atau informasi verifikasi. Hal ini membantu pengguna untuk mengidentifikasi dan memperbaiki masalah potensial dalam kode mereka [17].

Melalui tiga bagian utama ini, Arduino IDE memberikan lingkungan pengembangan yang komprehensif untuk membuat, mengedit, dan mengunggah program ke papan Arduino dengan lebih mudah dan efisien [17].



Gambar 2. 7 Tampilan Arduino IDE [17].

2.2.7 Konsep Arduino Cloud

Internet of Things (IoT), yang lebih dikenal sebagai IoT, merupakan suatu konsep teknologi yang bertujuan untuk menyederhanakan komunikasi antar perangkat agar dapat berkoordinasi melalui jaringan internet, baik itu dari tingkat global maupun lokal. Ide dasar dari IoT adalah mengembangkan teknologi yang sudah ada dengan beberapa inovasi agar perangkat dapat dimanfaatkan secara lebih efektif. Meskipun perangkat IoT memiliki keterbatasan dalam penyimpanan dan komputasi, yang menyebabkan munculnya masalah seperti kehandalan, performa, skalabilitas, keamanan, dan privasi, masalah-masalah tersebut dapat diatasi dengan mengintegrasikan perangkat IoT ke dalam sistem *cloud computing*. *Cloud computing* memiliki kemampuan untuk mengkonfigurasi sumber daya sesuai dengan kebutuhan pengguna. Integrasi antara perangkat IoT dan *cloud computing* membentuk paradigma baru yang disebut *cloud IoT*. *Cloud IoT* digunakan untuk mengakses data sensor dari perangkat IoT. Dengan data sensor yang terus-menerus dikumpulkan, integrasi ini memberikan manfaat dengan mengirimkan data sensor ke *cloud* sehingga data tersebut dapat diakses secara luas [18].

Manfaat utama dari *cloud IoT* terletak pada kemampuannya untuk mengakses data sensor dari perangkat IoT. Dengan terus menerus menghimpun data sensor, *cloud IoT* memberikan keuntungan besar dengan mentransmisikan data tersebut ke *cloud*. Keputusan yang diambil berdasarkan data ini dapat membantu pengguna memahami sekitar, mengidentifikasi pola, dan menanggapi perubahan yang mungkin terjadi [19].

Integrasi antara perangkat IoT dan *cloud IoT* membuka peluang untuk berbagai aplikasi yang kreatif. Data yang terkumpul dapat dimanfaatkan untuk analisis prediktif, pemeliharaan prediktif, dan pemantauan dari jarak jauh. Sebagai contoh, di lingkungan rumah, perangkat IoT seperti termostat cerdas dapat mengirimkan data suhu ke *cloud*, yang kemudian dapat diakses oleh pemilik rumah untuk mengatur suhu dari jarak jauh [20].

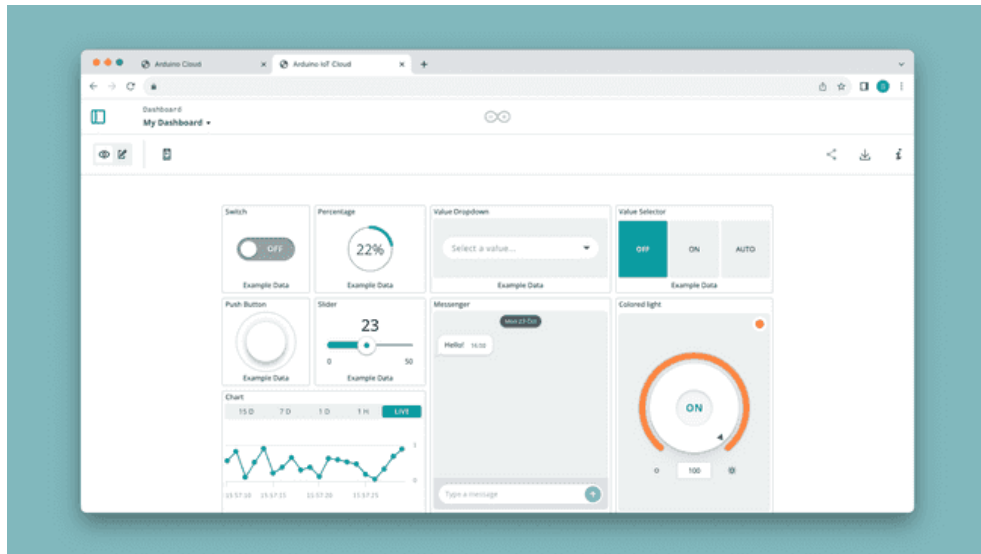
Tidak hanya itu, *cloud IoT* juga memberikan keunggulan dalam hal penyimpanan dan pengolahan data. Data yang dikirimkan ke *cloud* dapat disimpan dengan aman dan diakses secara fleksibel. Kapasitas penyimpanan yang dapat

disesuaikan dengan kebutuhan membuat *cloud* IoT sangat *scalable*, memungkinkan pengguna untuk mengelola volume data yang bervariasi [21].

Namun, meskipun *cloud* IoT memberikan banyak keuntungan, juga perlu mempertimbangkan aspek keamanan dan privasi. Dengan adanya volume data yang besar, perlu adanya langkah-langkah keamanan yang hati-hati untuk melindungi informasi pribadi dan mencegah akses yang tidak sesuai. Secara keseluruhan, *cloud* IoT membentuk ekosistem yang memungkinkan perangkat IoT beroperasi lebih efisien dan efektif [22].

Dengan mengatasi keterbatasan penyimpanan, komputasi, dan keamanan, integrasi antara perangkat IoT dan komputasi awan membuka peluang besar untuk mengembangkan solusi inovatif. *Cloud* IoT tidak hanya memberikan manfaat praktis sehari-hari tetapi juga membentuk dasar untuk revolusi digital yang lebih besar di masa depan. Dengan terus berkembangnya teknologi, kita dapat mengantisipasi terobosan baru yang akan mengangkat *Internet of Things* dan *Cloud* IoT ke tingkat yang lebih tinggi [22].

Tampilan Arduino *Cloud* merupakan antarmuka pengguna yang disediakan oleh Arduino untuk memungkinkan pengguna mengelola proyek-proyek yang sedang dikerjakan secara *online*. Ini mencakup berbagai fitur dan fungsi, termasuk *dashboard* yang menampilkan informasi tentang proyek-proyek yang sedang berjalan, *widget* untuk menampilkan data dari perangkat yang terhubung, serta opsi untuk membuat dan mengatur berbagai *dashboard* sesuai kebutuhan pengguna. Melalui tampilan Arduino *Cloud*, pengguna dapat mengakses, mengontrol, dan memonitor perangkat Arduino mereka dari jarak jauh, serta berkolaborasi dengan orang lain dalam pengembangan proyek elektronik [22].



Gambar 2. 8 Tampilan *Software Arduino Cloud*.

2.2.8 Miniatur Kereta

Miniatur kereta, sebagai replika kecil dari kendaraan kereta asli, dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan dalam berbagai konteks seperti hobi, koleksi, atau pendidikan. Dalam proses pembuatannya, miniatur kereta dapat menggunakan bahan-bahan beragam, seperti plastik, logam, atau kayu, yang dipilih sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penggunaannya [23].

Jenis-jenis miniatur kereta yang dapat dihasilkan mencakup kategori yang berbeda, seperti miniatur kereta api, miniatur kereta listrik, dan miniatur kereta uap. Setiap jenis memiliki karakteristik dan keunikan sendiri yang menjadikannya menarik bagi para penggemar dan kolektor. Aplikasi miniatur kereta mencakup berbagai keperluan, mulai dari hobi dan koleksi pribadi hingga penggunaan sebagai model pendidikan untuk memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai prinsip-prinsip yang terlibat dalam kereta api. Selain itu, beberapa kolektor juga mengapresiasi miniatur kereta sebagai elemen dekoratif dalam ruangan atau sebagai bagian integral dari tata letak kereta model [23].

Dalam era teknologi saat ini, pembuatan miniatur kereta telah melibatkan berbagai teknologi canggih. Penggunaan teknologi cetak 3D, mesin presisi, dan teknik desain komputer telah meningkatkan tingkat kualitas dan detail dari setiap miniatur kereta yang dihasilkan. Hal ini membawa pengalaman yang lebih

mendalam bagi para penggemar yang menghargai ketelitian dalam replika miniatur tersebut [23].

Skala miniatur kereta menjadi faktor penting dalam menentukan sejauh mana miniatur tersebut meniru proporsi dan ukuran kereta aslinya. Rentang skala ini bervariasi, mulai dari skala Z (1:220) hingga skala G (1:22.5), memberikan variasi ukuran dan detail yang menarik bagi para penggemar. Miniatur kereta bukan hanya sekadar objek hobi, tetapi juga dapat berfungsi sebagai alat pembelajaran yang efektif. Dalam konteks pendidikan, miniatur kereta dapat membantu siswa memahami prinsip-prinsip mekanika, teknik, dan transportasi dengan cara yang interaktif dan menyenangkan [23].

Meski begitu, proses pembuatan miniatur kereta tidaklah tanpa tantangan. Presisi dalam desain, pemilihan bahan yang sesuai, dan reproduksi detail yang akurat menjadi aspek-aspek kritis yang memengaruhi hasil akhir dan kualitas dari setiap miniatur yang dihasilkan. Peran miniatur kereta dalam komunitas penggemar transportasi dan modelisme tidak dapat diabaikan. Pertukaran informasi, pameran miniatur, dan pertemuan komunitas menjadi kegiatan yang integral bagi para penggemar yang saling berbagi minat dan pengetahuan tentang dunia miniatur kereta. Kesemua hal ini menjadi elemen yang memperkaya pengalaman para penggemar dalam menjalani hobi mereka [23].



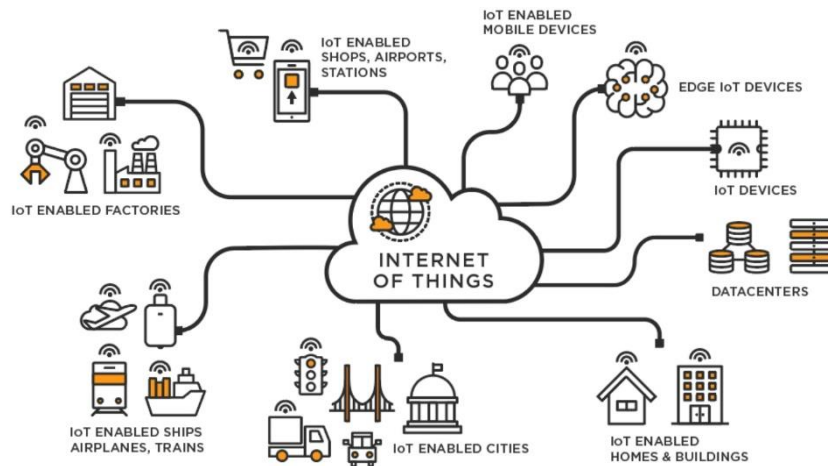
Gambar 2. 9 Miniatur Kereta Api [23].

2.2.9 Internet of Things (IoT)

IoT (*Internet of Things*), pada dasarnya, merujuk pada jaringan perangkat fisik yang dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan koneksi internet, yang memungkinkannya untuk mengumpulkan dan bertukar data. Konsep ini tidak hanya terbatas pada komputer atau *smartphone*, melainkan juga mencakup berbagai objek sehari-hari, mulai dari perangkat rumah tangga hingga kendaraan dan infrastruktur perkotaan [24].

IoT (*Internet of Things*) berfungsi dengan cara menghubungkan perangkat fisik ke internet atau ke jaringan lokal, memungkinkan pertukaran data. Namun, meskipun potensi besar, implementasi IoT tidak tanpa tantangan. Keamanan dan privasi data menjadi isu utama, karena banyaknya data yang dikumpulkan dan ditransmisikan melibatkan risiko kebocoran atau penyalahgunaan informasi. Selain itu, standarisasi dan interoperabilitas perangkat masih menjadi tantangan, karena banyaknya produsen yang mengembangkan solusi-solusi IoT mereka sendiri [25].

Cloud adalah representasi dari internet yang menghubungkan semua perangkat IoT (*Internet of Things*). Perangkat IoT (*Internet of Things*) meliputi beragam perangkat terhubung ke internet, seperti perangkat seluler seperti *smartphone*, *tablet*, dan perangkat *wearable*; perangkat rumah pintar seperti lampu, termostat, dan peralatan rumah tangga; serta berbagai sensor seperti sensor suhu, kelembaban, dan gerakan. Selain itu, kendaraan seperti mobil, *truck*, dan pesawat yang terhubung, serta mesin industri di pabrik dan gudang juga merupakan bagian dari perangkat IoT (*Internet of Things*). Data yang dihasilkan oleh perangkat IoT (*Internet of Things*) menunjukkan bagaimana perangkat tersebut berkomunikasi dan berbagi informasi satu sama lain, yang dapat dikontrol dan dipantau dari jarak jauh melalui berbagai aplikasi. Konsep IoT (*Internet of Things*) memperlihatkan bagaimana perangkat tersebut terhubung dan berkomunikasi satu sama lain, memungkinkan otomatisasi tugas, analisis data, pengambilan keputusan yang lebih baik, serta memberikan berbagai manfaat seperti efisiensi yang lebih tinggi, penghematan biaya, keamanan yang lebih baik, dan kenyamanan yang lebih tinggi dalam penggunaannya [25].



Gambar 2. 10 Konsep IoT [25].

2.2.10 Cloud Computing

Cloud computing adalah model layanan yang menyediakan akses ke sumber daya komputasi melalui jaringan, biasanya melalui internet. Ini mencakup penyediaan sumber daya seperti komputasi, penyimpanan data, dan aplikasi secara elastis dan sesuai permintaan. Pengguna dapat mengakses dan menggunakan layanan ini tanpa harus memiliki atau mengelola infrastruktur fisik secara langsung. Konsep dasar *cloud computing* melibatkan penyediaan layanan secara virtual, dimana sumber daya terpusat dan dielastisitas secara dinamis sesuai kebutuhan pengguna. Layanan ini disajikan sebagai utility, mirip dengan pasokan air atau listrik, dan dapat diakses dari mana saja dengan koneksi internet [26].

Simbol *cloud*, yang digambarkan pada gambar 2.11 konsep *cloud computing*, mencerminkan fleksibilitas, skalabilitas, dan ketersediaan layanan *cloud*, sementara juga mewakili internet sebagai platform yang menghubungkan berbagai komponen *cloud computing*. Komponen *cloud computing* mencakup aplikasi seperti email, CRM, dan ERP yang dapat diakses secara *online*, dengan penyimpanan data dan *file* secara *online* dengan kapasitas besar dan skalabilitas tinggi [26].

Hubungan antar komponen tergambar dalam panah yang menunjukkan aliran data dan informasi antara berbagai komponen *cloud computing*, sementara koneksi internet menghubungkan semua komponen dan memungkinkan akses dari mana saja. Terdapat beberapa model layanan dalam *cloud computing*, termasuk *Infrastructure as a Service (IaaS)*, *Platform as a Service (PaaS)*, dan *Software as a Service (SaaS)*. IaaS menyediakan akses ke infrastruktur fisik seperti server dan

penyimpanan. PaaS menyediakan platform pengembangan dan pengelolaan aplikasi, sementara SaaS memberikan aplikasi secara langsung kepada pengguna melalui internet [26].

Ada juga model implementasi *cloud computing*, yaitu *cloud* publik, *cloud* privat, dan *cloud* hibrida. *Cloud* publik adalah sumber daya yang disediakan oleh penyedia layanan dan dapat diakses oleh berbagai organisasi atau individu. *Cloud* privat disediakan untuk satu organisasi secara eksklusif, sedangkan *cloud* hibrida menggabungkan elemen-elemen dari kedua model ini [26]

Manfaat *cloud computing* melibatkan efisiensi pengelolaan sumber daya, skalabilitas yang mudah disesuaikan dengan kebutuhan, dan biaya yang lebih rendah karena pengguna hanya membayar untuk layanan yang digunakan. Selain itu, *cloud computing* memungkinkan kolaborasi yang lebih baik, akses cepat dan fleksibel ke sumber daya, dan pemulihan bencana yang lebih baik [26].



Gambar 2. 11 Konsep *Cloud Computing* [26].

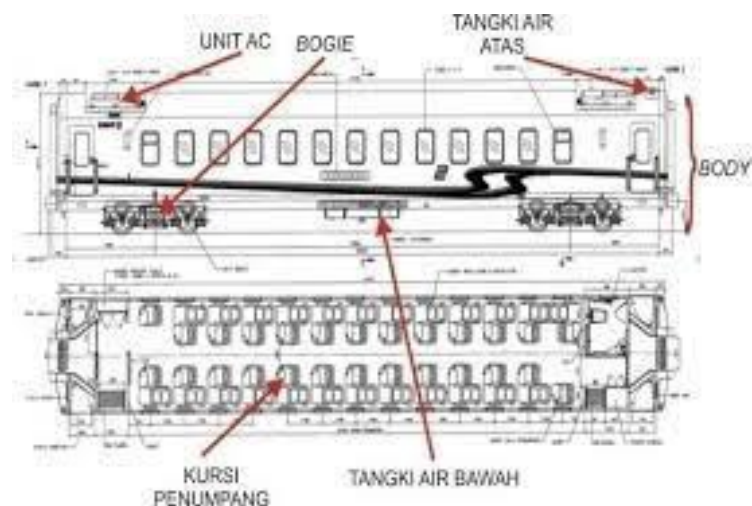
2.2.11 Arsitektur Gerbong Kereta Api

Arsitektur gerbong kereta api mengacu pada struktur, tata letak perangkat, dan sistem yang membentuk bagian integral dari kereta api. Ini mencakup berbagai komponen dan sistem yang bekerja bersama untuk memastikan operasi yang efisien dan aman. Beberapa elemen kunci dalam arsitektur gerbong kereta api melibatkan bodi gerbong yang menjadi struktur fisik, harus tahan terhadap beban, tekanan, dan pengaruh cuaca eksternal, dengan pertimbangan terhadap estetika, keamanan, dan kenyamanan penumpang. Perangkat dan fasilitas interior, seperti kursi, meja, toilet,

dan fasilitas lainnya, dirancang untuk memastikan kenyamanan penumpang dan pemenuhan kebutuhan dasar selama perjalanan [27].

Unit AC (*Air Conditioner*) pada gerbong kereta api memiliki tanggung jawab untuk memberikan kenyamanan termal kepada penumpang. Komponen utama, termasuk kompresor, kondensor, *evaporator*, dan *blower*, membentuk sistem pendinginan yang menghasilkan udara dingin dan didistribusikan ke dalam gerbong melalui saluran udara untuk menjaga suhu tetap nyaman selama perjalanan. *Bogie*, sebagai sistem roda dan suspensi, mendukung dan menghubungkan gerbong ke rel kereta. Dengan roda, per, pegas, dan sistem suspensi, *bogie* dirancang untuk mengoptimalkan kenyamanan perjalanan dan menjaga stabilitas gerbong sambil menyerap getaran dan guncangan selama perjalanan [27].

Tangki air bawah berfungsi sebagai penyimpan air untuk keperluan toilet dan layanan umum di dalam gerbong. Biasanya ditempatkan di bawah kereta untuk mempertahankan keseimbangan dan stabilitas, sistem perpipaan yang rumit menghubungkan tangki air bawah dengan toilet dan fasilitas lainnya di dalam gerbong. Sementara itu, tangki air atas, yang juga menyimpan air, umumnya digunakan sebagai cadangan atau untuk keperluan lainnya. Ditempatkan di atas gerbong untuk menjaga keseimbangan dan stabilitas, sistem perpipaan menghubungkan tangki air atas dengan fasilitas yang membutuhkan pasokan air di dalam gerbong [27].



Gambar 2. 12 Arsitektur Gerbong Kereta Api