

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. *Trainer*

Trainer merupakan salah satu bentuk media pembelajaran yang dapat digunakan untuk memberikan pengalaman praktik secara langsung kepada peserta didik. Media ini umumnya berupa perangkat atau peralatan yang dapat diamati secara nyata dan memiliki bentuk fisik tiga dimensi. Penggunaan *trainer* dalam kegiatan pembelajaran bertujuan untuk membantu peserta didik memahami materi melalui proses praktik, sehingga konsep yang dipelajari tidak hanya dipahami secara teoritis, tetapi juga dapat diterapkan secara langsung (E. R. Hidayat & Supriyanto, 2021).

Trainer merupakan media pembelajaran yang terdiri atas kumpulan komponen nyata atau replika yang dibuat untuk menghasilkan pengalaman belajar secara langsung kepada siswa melalui praktik (Aswardi dkk., 2019).

Berdasarkan beberapa pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa *trainer* merupakan perangkat praktik yang dirancang secara khusus untuk mendukung kegiatan pembelajaran. Penggunaan *trainer* memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman belajar secara langsung melalui kegiatan merangkai, mengoperasikan, mengamati, dan menguji suatu sistem sesuai dengan materi yang dipelajari.

2. Pembelajaran Mikrokontroler di SMK

Pembelajaran mikrokontroler merupakan salah satu materi inti dalam berbagai kompetensi keahlian teknik di SMK, seperti Teknik Elektronika, Teknik Mekatronika, dan Teknik Komputer Jaringan. Materi ini mencakup tiga domain pengetahuan yang terintegrasi: (1) Pemrograman (logika, algoritma, sintaksis bahasa C/Arduino), (2) Elektronika Digital/Analog (konsep tegangan, arus, rangkaian sensor dan aktuator), dan (3) Interfacing (teknik menghubungkan dan mengendalikan perangkat eksternal dengan mikrokontroler). Kompleksitas integrasi ini menuntut pendekatan pembelajaran yang tidak hanya menekankan hafalan sintaks, tetapi lebih pada pemahaman konseptual dan kemampuan mengkonfigurasi sistem (Suryawan dkk., 2024).

3. Model Pengembangan ADDIE

Model ADDIE merupakan kerangka sistematis dalam pengembangan produk dan sistem pembelajaran. Fasenya adalah:

- a. *Analysis* (Analisis) Menganalisis kebutuhan, karakteristik siswa, dan tujuan pembelajaran.
- b. *Design* (Perancangan) Merancang spesifikasi produk, alur pembelajaran, dan instrumen evaluasi.
- c. *Development* (Pengembangan) Membuat prototipe produk dan materi pendukung (*Jobsheet*).
- d. *Implementation* (Implementasi) Melakukan uji coba terbatas dan luas dengan pengguna (siswa).

- e. *Evaluation* (Evaluasi) Melakukan penilaian formatif di setiap fase dan penilaian sumatif pada produk akhir untuk mengukur kelayakan, kepraktisan, dan keefektifan. Model ini dipilih karena sifatnya yang iteratif dan komprehensif (Kasim, 2024).

4. *Arduino uno*

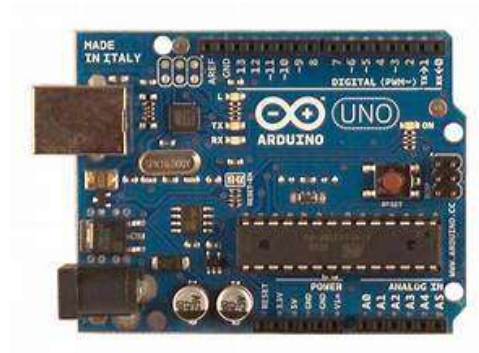
Arduino uno merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengembangkan sistem elektronika, baik untuk keperluan pembelajaran maupun pengembangan proyek. *Arduino uno* banyak digunakan di bidang pendidikan karena memiliki struktur yang sederhana, mudah dipahami oleh pemula, serta didukung oleh komunitas yang luas.

Secara umum, *Arduino uno* berfungsi sebagai pusat pengendali dalam suatu sistem elektronika. Papan ini dapat menerima *input* dari berbagai sensor, kemudian memproses data tersebut cocok dengan pemrograman yang diberikan, dan mendapatkan *output* berupa kendali terhadap aktuator seperti *LCD*, motor, *Relay*, dan perangkat lainnya. Dengan demikian, *Arduino uno* mampu menjembatani konsep teori dengan implementasi secara langsung.

Arduino uno memiliki 14 pin digital *input/output*, di mana 6 di antaranya dapat digunakan sebagai PWM (*Pulse Width Modulation*), serta 6 pin *input* analog yang digunakan untuk membaca nilai dari sensor analog. Selain itu, terdapat pin power seperti 5V, 3.3V, dan *GND* yang berfungsi untuk menyuplai daya ke komponen eksternal. *Arduino uno* juga

dilengkapi dengan *port USB* yang digunakan untuk menghubungkan ke komputer, baik untuk proses pemrograman maupun sebagai sumber daya.

Adapun *Arduino uno* dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 *Arduino uno*
Sumber : Arduino cc

Dalam hal pemrograman, *Arduino uno* memakai bahasa pemrograman yang berbasis C/C++ yang telah disederhanakan dalam *Arduino IDE (Integrated Development Environment)*. Lingkungan pemrograman ini dibuat supaya mudah dipakai, bahkan oleh pengguna yang belum memiliki latar belakang pemrograman yang kuat. Program *Arduino* tersusun atas dua bagian pokok, yaitu fungsi *setup()* yang dieksekusi sekali saat program pertama kali dijalankan, dan fungsi *loop()* yang dieksekusi berulang selama perangkat menyala.

Keunggulan lain dari *Arduino uno* adalah sifatnya yang *open-source*, sehingga pengguna dapat dengan mudah mengakses berbagai referensi, modul tambahan, serta contoh program yang tersedia secara gratis di internet. Hal ini sangat mendukung proses pembelajaran, terutama bagi siswa SMK dalam memahami sistem mikrokontroler secara lebih mendalam.

Dalam konteks pembelajaran di SMK, penggunaan *Arduino uno* sebagai media praktik sangat efektif karena mampu memberikan pengalaman praktik secara langsung kepada siswa dalam merancang, menguji, dan mengembangkan sistem elektronika berbasis mikrokontroler. Dengan adanya media pembelajaran berbasis *Arduino uno*, diharapkan siswa tidak hanya memahami konsep secara teori, tapi juga memiliki keterampilan praktis yang bisa diterapkan di dunia kerja (Bukit & Basuki, 2021).

5. Sensor *DHT11*

DHT11 adalah jenis sensor yang mampu mendeteksi nilai suhu dan kelembapan udara di sekitarnya, kemudian mengubahnya menjadi data digital agar dapat diproses oleh mikrokontroler (Budi & Pramudya, 2017).

Menurut (Mariza Wijayanti, 2022) sensor *DHT11* digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan pada ruangan maupun lingkungan, kemudian data hasil pengukuran diproses oleh mikrokontroler. Sejalan dengan pendapat tersebut (Saptadi, 2014) menjelaskan bahwa sensor *DHT11* menghasilkan keluaran berupa sinyal digital yang menyajikan informasi mengenai suhu dan kelembapan. Dengan demikian, sensor *DHT11* dapat digunakan sebagai perangkat masukan untuk memperoleh data suhu dan kelembapan yang selanjutnya diolah oleh mikrokontroler.

Mengacu pada beberapa pendapat di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa DHT11 merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi nilai suhu dan kelembapan, baik di dalam ruangan maupun di lingkungan

sekitar. Sensor ini telah dilengkapi dengan data kalibrasi bawaan sehingga mampu menghasilkan pembacaan dengan tingkat akurasi yang memadai. Data kalibrasi tersebut disimpan pada memori *One-Time Programmable* (OTP) dalam bentuk koefisien kalibrasi.

Adapun Sensor *DHT11* dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Sensor *DHT11*
Sumber: Adafruit Industries

Sensor *DHT11* dipakai untuk mendeteksi suhu dan kelembaban pada suatu lingkungan. Untuk spesifikasi sensor *DHT11* sendiri menggunakan suplai tegangan sebesar 5V, lalu dapat mendeteksi suhu mulai dari 0°C–50°C, kemudian dapat mendeteksi kelembaban 20%–90% *RH* (*relative humidity*). Sensor *DHT11* memiliki tiga pin yaitu *VCC*, data dan ground yang digunakan untuk menghubungkan dan menyalakan sensor *DHT11*.

6. Sensor *PIR* (*Passive Infrared Receiver*)

Sensor *PIR* (*Passive Infrared Receiver*) digunakan untuk mendeteksi keberadaan pancaran sinar infra merah di sekitarnya. Berbeda dengan sensor aktif, *PIR* tidak memancarkan sinar infra merah, tetapi hanya menerima sinyal infra merah yang dihasilkan oleh objek yang bergerak (Ikhsan dkk., 2018).

Kemudian menurut (Mariza Wijayanti, 2022) Sensor PIR adalah salah satu jenis sensor yang dimanfaatkan untuk mengetahui keberadaan manusia di suatu area. Selanjutnya, sensor *PIR* merupakan sensor yang dipakai untuk mendeteksi adanya pantulan pancaran sinar infra merah (Juliansyah dkk., 2021). Adapun Sensor *PIR* (*Passive Infrared Receiver*) dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Sensor *PIR* (*Passive Infrared Receiver*)
Sumber: Adafruit Industries

Sensor *PIR* memiliki beberapa komponen seperti, Fresnel Lens untuk memfokuskan sinar terang, *IR* Filter digunakan untuk menyaring panjang gelombang sinar *infrared* antara 8–14 mikrometer sehingga hanya dapat mendeteksi keberadaan manusia yang menghasilkan panjang gelombang sekitar 9–10 mikrometer, lalu pyroelectric sensor untuk membaca sinar *infrared*, *amplifier* untuk menguatkan arus pada *pyroelectric*. Untuk pin yang digunakan untuk terhubung dan mengaktifkan sensor *PIR* ada pin *VCC*, *OUT*, dan *Ground*.

7. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan perangkat elektronik yang memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mendeteksi objek atau mengukur jarak, kemudian menghasilkan sinyal listrik sebagai keluaran.

Sensor ultrasonik adalah sensor jarak yang bekerja dengan memanfaatkan gelombang bunyi ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan objek di depannya melalui prinsip pantulan gelombang suara. Jarak objek terhadap sensor ditentukan berdasarkan waktu tempuh gelombang, yaitu sejak dipancarkan dari sensor hingga kembali lagi setelah memantul dari objek (Nur Arifin et al, 2022). Menurut (Puspandari dkk., 2019) sensor ultrasonik merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur jarak dari suatu objek atau benda.

Dengan demikian, dari beberapa pendapat yang telah dipaparkan, sensor ultrasonik dapat dimaknai sebagai perangkat pendeteksi jarak suatu objek atau benda yang bekerja berdasarkan pantulan gelombang suara yang diterima kembali oleh sensor.

Adapun gambar sensor ultrasonik dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4 Sensor Ultrasonik
Sumber : SparkFun Electronics

Sensor ultrasonik pada gambar tersebut terdiri atas beberapa komponen utama. Komponen *piezoelektrik* berperan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, sementara transmitter berperan memancarkan gelombang ultrasonik pada frekuensi kurang lebih 20 KHz hingga 40 KHz. Selain itu, terdapat pula receiver yang bertugas menangkap pantulan bunyi. Adapun untuk mengoperasikannya, sensor ultrasonik memerlukan empat pin, yaitu pin *VCC*, pin *ground*, pin *trigger* untuk mengeluarkan sinyal, serta pin *echo* untuk menerima pantulan bunyi dari objek yang dideteksi.

8. *Push Button*

Push button merupakan salah satu jenis saklar tekan (*momentary switch*) yang banyak digunakan dalam rangkaian elektronika sebagai perangkat masukan (*input device*). Komponen ini bekerja dengan cara menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik ketika tombol ditekan. Saat tombol ditekan, kontak pada saklar akan terhubung, sedangkan ketika tombol dilepaskan, kontak akan kembali ke kondisi semula sehingga rangkaian terputus.

Menurut (Suryono, S., & Supriyati, S, 2020) Saklar merupakan komponen listrik yang berfungsi menghubungkan atau memutus aliran arus pada suatu rangkaian sehingga pengoperasian rangkaian dapat dikendalikan sesuai kebutuhan, sedangkan *push button* bekerja melalui mekanisme penekanan tombol untuk mengubah kondisi kontaknya. Penggunaan *push button* dalam sistem elektronika umumnya dimanfaatkan

sebagai tombol kendali, pemilih menu, maupun pengaktif suatu sistem. Kemudian menurut (Khalid dkk., 2020) *Push button* merupakan komponen elektronika berupa saklar yang berperan dalam menghubungkan dan memutus aliran listrik pada suatu rangkaian.

Berdasarkan berbagai pendapat ahli, *push button* merupakan komponen elektronika yang berfungsi mengendalikan aliran arus listrik dengan cara menghubungkan dan memutus rangkaian sesuai kebutuhan.

Adapun *Push Button* dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 *Push Button*
Sumber : SparkFun Electronics

Push Button tersebut digunakan sebagai *input* atau masukan untuk menyambungkan dan memutuskan aliran listrik pada suatu rangkaian elektronika. *Push Button* tersebut memiliki 4 buah pin yang semua pin tersebut dapat dipilih untuk digunakan sebagai pin *VCC* dan pin *ground*.

9. *LED (Light Emitting Diode)*

LED, atau yang dikenal juga sebagai lampu indikator, merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menunjukkan status suatu peralatan elektronika (Halim & Wahyu Lesmana, 2023).

LED (Light Emitting Diode) termasuk komponen dioda yang bekerja dengan memancarkan cahaya ketika mendapatkan aliran arus bias maju

(*forward bias*) (Artono & Susanto, 2017). Selain itu, *LED (Light Emitting Diode)* termasuk komponen elektronika yang berfungsi menghasilkan cahaya monokromatik, yang muncul ketika komponen ini diberi tegangan maju (Desmira, 2022).

Adapun *LED (Light Emitting Diode)* dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 *LED (Light Emitting Diode)*
Sumber : SparkFun Electronics

Berdasarkan gambar di atas *LED* memiliki 2 kaki yaitu, kaki anoda biasanya ditandai dengan kakinya yang lebih panjang, lalu kaki katoda biasanya ditandai kaki yang lebih pendek dari kaki anoda. Cara kerja dari *LED* dengan mengalirkan arus listrik melalui kaki anoda lalu keluar dari kaki katoda maka *LED* akan menyala, jika *LED* terpasang terbalik arus listrik masuk dari katoda lalu menuju anoda maka *LED* tidak akan menyala.

10. *LCD 16x12 C*

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan salah satu jenis perangkat penampil yang digunakan untuk menyajikan informasi dalam berbagai bentuk, seperti karakter, angka, simbol, maupun grafik. Ukurannya yang relatif ringkas menjadikan *LCD* banyak diterapkan pada sistem berbasis

Arduino. *I2C* digunakan untuk meminimalisir jumlah pin ketika digunakan (Halim & Wahyu Lesmana, 2023).

LCD merupakan perangkat keluaran (*output*) yang memanfaatkan teknologi CMOS untuk menampilkan karakter atau grafik. Mekanisme kerjanya tidak menghasilkan cahaya sendiri, tetapi bergantung pada cahaya dari *backlight* atau sumber pencahayaan lainnya (Natsir dkk., 2019). Menurut (Kurniawan & Jamaaluddin, 2024) *LCD* merupakan sebuah *output* yang dapat menampilkan informasi dari hasil pembacaan sensor.

Berdasarkan pendapat di atas, *LCD* adalah komponen elektronika yang dapat menampilkan informasi dari hasil yang diperoleh dari sebuah sensor dengan penggunaan *I2C* untuk mengurangi penggunaan pin pada mikrokontroler.

Adapun *LCD 16x2 I2C* dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.7 *LCD 16x2 I2C*
Sumber : Adafruit Industries

LCD 16x2 I2C terdiri atas tiga bagian utama, yaitu *backlight*, lapisan kristal cair (*liquid crystal*), dan modul antarmuka *I2C*. Dalam proses kerjanya, *backlight* berfungsi sebagai sumber pencahayaan, sedangkan lapisan kristal cair mengatur cahaya tersebut sehingga karakter atau informasi yang dikirim oleh mikrokontroler dapat ditampilkan dengan

jelas pada layar. Antarmuka I2C memungkinkan komunikasi data hanya melewati dua jalur, yaitu SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial Clock*), sehingga penggunaan pin pada mikrokontroler menjadi lebih efisien. Lalu I2C digunakan untuk meringkas pin LCD yang semula menggunakan 16 pin untuk terhubung menjadi 4 pin.

Untuk LCD 16x2 I2C hanya menggunakan 4 pin saja yaitu, pin VCC untuk *input* tegangan yang dibutuhkan LCD, pin ground, pin SCL (*Serial Clock*) digunakan untuk sinyal *clock* dan pin SDA (*Serial Data*) digunakan untuk mengirim dan menerima data pada LCD.

11. Buzzer

Buzzer merupakan komponen yang berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi bunyi. Ketika diberikan tegangan input, *buzzer* akan menghasilkan suara dengan frekuensi berkisar antara 1–5 KHz. Komponen ini umumnya digunakan sebagai indikator peringatan atau alarm ketika terjadi kondisi bahaya (Halim & Wahyu Lesmana, 2023).

Buzzer adalah speaker berukuran 12 mm yang beroperasi di kisaran suara 2 KHz, speaker ini menghasilkan *output* nada dengan penggunaan komponen yang mudah ketika akan diaplikasikan (Natsir dkk., 2019). Sedangkan menurut (Putra dkk., 2018) *Buzzer* ialah komponen elektronika yang dapat dipakai sebagai peringatan suara atau indikator bahaya, dimana prinsip kerja *Buzzer* hampir sama dengan loudspeaker yaitu mengeluarkan suara yang nyaring.

Berdasarkan dari pendapat diatas *Buzzer* merupakan komponen elektronika yang dapat mengeluarkan suara berkisar 2 KHz yang dapat difungsikan untuk indikator alarm peringatan.

Adapun komponen *Buzzer* dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut :



Gambar 2.8 *Buzzer*
Sumber : SparkFun Electronics

Berdasarkan gambar di atas *Buzzer* merupakan komponen elektronika yang bisa mengeluarkan getaran suara berupa gelombang bunyi. Cara kerja dari *Buzzer* sendiri saat tegangan listrik mengalir pada bahan *Piezoelectric* maka bahan tersebut akan bergerak secara mekanis, gerakan mekanis itu dikonversi menjadi suara. *Buzzer* menggunakan dua pin yaitu pin positif dan negatif.

12. *Relay*

Relay merupakan saklar yang dikendalikan secara elektrik dan tergolong dalam komponen electromechanical (Mariza Wijayanti, 2022). Sejalan dengan itu, Budiyanto dkk. (2020) mendefinisikan relay sebagai switch yang dikendalikan melalui arus listrik, dengan dua bagian utama, yaitu elektromagnet (koil) dan bagian mekanikal berupa kontak saklar (switch). Sedangkan menurut (Khalid dkk., 2020) *Relay* digunakan sebagai saklar yang dioperasikan menggunakan listrik.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas *Relay* adalah komponen saklar yang digerakkan atau dioperasikan menggunakan tenaga listrik, dimana dalam *Relay* terdapat dua bagian utama yaitu elektromagnet (koil) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar).

Adapun komponen *Relay* dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 *Relay 1 Channel*
Sumber : SparkFun Electronics

Berdasarkan gambar di atas, *relay* merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai switch atau saklar yang dioperasikan menggunakan tenaga listrik. Prinsip kerjanya memanfaatkan elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga mampu menghantarkan arus listrik bertegangan lebih tinggi. *Relay* menggunakan 3 pin masukan yaitu pin *IN* untuk mengirim data ke *Relay*, pin *VCC* untuk menyalakan *Relay* dan pin *GND*, adapun pin *output Relay* ada 3 yaitu pin *NO* (*Normally Open*) posisi *Relay* tidak terhubung, pin *NC* (*Normally Close*) posisi *Relay* terhubung dan pin *COMMON* untuk memberikan tegangan listrik.

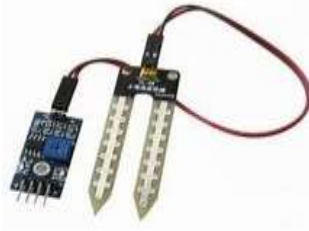
13. Sensor Kelembapan Tanah (*Soil Moisture Sensor*)

Sensor kelembapan tanah merupakan perangkat yang berfungsi mendeteksi kadar air yang terkandung di dalam tanah. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan sifat kelistrikan tanah yang dipengaruhi oleh kandungan air di dalamnya. Data yang diperoleh selanjutnya diolah oleh

mikrokontroler untuk menentukan kondisi tanah, apakah tergolong kering, lembap, atau basah.

Menurut (Husdi, 2018), sensor kelembapan tanah digunakan untuk mengukur tingkat kelengasan tanah dengan memanfaatkan perubahan karakteristik listrik tanah akibat adanya kandungan air. Sensor ini sangat penting dalam sistem pertanian cerdas karena mampu memberikan informasi kondisi tanah secara akurat dan berkelanjutan.

Adapun komponen Sensor Kelembapan Tanah (*Soil Moisture Sensor*) dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut:



Gambar 2.10 Sensor Kelembapan Tanah (*Soil Moisture Sensor*)
Sumber : SparkFun Electronics

Sensor kelembapan tanah yang digunakan pada sistem ini merupakan kombinasi antara modul pengkondisi sinyal YL-39 dan probe sensor YL-69. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah berdasarkan perubahan nilai listrik yang dihasilkan oleh probe ketika ditancapkan ke dalam tanah. Nilai tersebut kemudian diproses oleh modul sensor dan diteruskan ke mikrokontroler.

Sensor soil moisture memiliki empat pin utama, yaitu *GND* sebagai ground, *VCC* dengan tegangan kerja 3,3–5 volt, *AO* sebagai keluaran analog yang dapat dibaca oleh mikrokontroler, serta *DO* sebagai keluaran

digital yang dapat diatur tingkat sensitivitasnya melalui potensiometer. Keluaran digital ini menghasilkan logika *HIGH* atau *LOW* sesuai dengan ambang batas kelembapan yang telah ditentukan.

14. *RFID (Radio Frequency Identification)*

RFID (Radio Frequency Identification) merupakan teknologi identifikasi yang memanfaatkan gelombang radio, sehingga proses identifikasi dapat dilakukan tanpa memerlukan kontak langsung antara perangkat pembaca dan objek yang diidentifikasi. Teknologi ini unggul dalam kemudahan penggunaannya serta mampu beroperasi pada berbagai kondisi lingkungan dengan tingkat integritas data yang tinggi. Di samping itu, sistem *RFID* relatif sulit dipalsukan, sehingga menawarkan tingkat keamanan yang lebih baik dibandingkan teknologi identifikasi konvensional.

Sistem *RFID* terdapat 2 komponen utama, yaitu tag *RFID* yang berisi chip dan antena sebagai penyimpan data, serta reader *RFID* yang berfungsi buat membaca dan menulis data pada tag. Proses komunikasi antara tag dan reader dilakukan melalui gelombang radio dengan frekuensi tertentu sehingga memungkinkan proses identifikasi dan pelacakan objek dilakukan secara cepat dan efisien (Novianti, 2019).

Contoh perangkat *RFID* dapat dilihat pada Gambar 2.11. Perangkat ini banyak diaplikasikan pada sistem keamanan, kontrol akses, dan identifikasi otomatis karena kemampuannya dalam membaca data tanpa kontak fisik serta memiliki tingkat akurasi yang tinggi.



Gambar 2.11 *RFID*
Sumber : NXP Semiconductors

15. Sensor *Infrared*

Sensor *infrared* ialah sensor elektronik yang bekerja berdasarkan pemancaran dan penerimaan cahaya inframerah buat mendeteksi keberadaan suatu objek. Sensor ini umumnya digunakan untuk mendeteksi jarak, gerakan, atau penghalang tanpa memerlukan kontak langsung dengan objek. Prinsip kerja sensor *infrared* memanfaatkan pantulan sinar inframerah yang dipancarkan oleh pemancar (*infrared transmitter*) dan diterima kembali oleh penerima (*infrared receiver*).

Menurut Putra dkk. (2021), sensor *infrared* bekerja dengan mendeteksi perubahan intensitas cahaya inframerah yang diterima oleh sensor. Apabila terdapat objek di depan sensor, cahaya inframerah akan dipantulkan kembali ke penerima sehingga menghasilkan perubahan sinyal *output*. Sinyal tersebut kemudian diolah oleh rangkaian komparator atau mikrokontroler untuk menentukan kondisi terdeteksi atau tidak terdeteksi. Sensor *infrared* umumnya dilengkapi beberapa pin utama, yakni *VCC* yang berfungsi sebagai sumber tegangan, *GND* sebagai ground, serta pin output yang menghasilkan sinyal, baik dalam bentuk digital maupun

analog. Sensor ini biasanya dipakai pada sistem otomatisasi, sistem keamanan, penghitung objek, serta aplikasi robotika karena memiliki respon yang cepat dan konsumsi daya yang relatif rendah. Contoh sensor *infrared* dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut :



Gambar 2.12 Sensor *Infrared*
Sumber : SparkFun Electronics

B. Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang pengembangan media pembelajaran berbasis mikrokontroler dan *Arduino* telah banyak dilakukan. Kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu ini berfungsi sebagai pijakan, pembanding, dan sekaligus untuk mengidentifikasi celah penelitian (*Research gap*) yang akan diisi oleh penelitian ini.

Tabel 2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

No	Penelitian dan Tahun	Hasil	Keterbatasan	Relevansi dan Perbedaan
1.	Saputra & Abdullah (2018) (Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis <i>Arduino uno</i>)	Menghasilkan media pembelajaran berbasis <i>Arduino uno</i> yang layak digunakan, dengan	Media pembelajaran yang dikembangkan masih terbatas pada pemanfaatan fitur dasar <i>Arduino uno</i> dan	Relevansinya sama-sama mengembangkan media pembelajaran berbasis <i>Arduino uno</i> untuk mata pelajaran

No	Penelitian dan Tahun	Hasil	Keterbatasan	Relevansi dan Perbedaan
	pada Mata Pelajaran Mikrokontroler di SMK)	tingkat kelayakan ahli media sebesar 85,7% serta peningkatan hasil belajar siswa sebesar 22,5% pada post-test.	belum menerapkan integrasi multi sensor dan aktuator untuk praktik yang lebih kompleks di SMK.	mikrokontroler di SMK. Perbedaannya media yang dikembangkan masih terbatas pada komponen dasar dan belum mengintegrasikan multi sensor dan multi aktuator dalam satu <i>trainer</i> terpadu.
3.	Nugroho (2016) (Pengembangan <i>Trainer</i> Mikrokontroler Berbasis <i>Project Based Learning</i> untuk Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah Siswa SMK)	<i>Trainer</i> mikrokontroler berbasis <i>Project Based Learning</i> terbukti meningkatkan keterampilan pemecahan masalah siswa SMK secara signifikan.	<i>Trainer</i> mikrokontroler yang dikembangkan masih terbatas pada penerapan pembelajaran berbasis proyek dan belum mengintegrasikan berbagai sensor serta aktuator untuk simulasi praktik yang lebih kompleks di lingkungan SMK.	Relevansinya sama-sama menekankan pembelajaran berbasis proyek dan pengembangan keterampilan pemecahan masalah siswa. Perbedaannya tidak secara khusus menggunakan <i>Arduino uno</i> dan tidak mengintegrasikan berbagai sensor dan aktuator dalam satu modul pembelajaran.

No	Penelitian dan Tahun	Hasil	Keterbatasan	Relevansi dan Perbedaan
4.	Arief & Kustono (2017) (Pengembangan Alat Peraga Sistem Parkir Otomatis Berbasis Mikrokontroler untuk Pembelajaran di SMK)	Alat peraga sistem parkir otomatis berbasis mikrokontroler dinyatakan sangat valid (88,5%) dan praktis untuk pembelajaran di SMK.	Alat peraga memiliki cakupan aplikasi yang terbatas karena hanya mensimulasikan sistem parkir otomatis, sehingga belum dapat digunakan untuk berbagai skenario praktik mikrokontroler lainnya maupun integrasi multi sensor dan aktuator.	Relevansinya sama-sama memanfaatkan sensor ultrasonik dan LCD sebagai media pembelajaran praktik mikrokontroler. Perbedaannya alat peraga bersifat spesifik pada satu aplikasi tertentu dan tidak dirancang sebagai <i>trainer</i> modular yang fleksibel
5.	Sari & Mukhidin (2017) (Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Simulasi dan Hardware pada Mata Pelajaran Mikrokontroler)	Media pembelajaran hybrid (simulasi dan hardware) mampu meningkatkan pemahaman konseptual siswa dan mengurangi risiko kerusakan komponen.	Media pembelajaran yang dikembangkan masih berfokus pada integrasi simulasi–hardware dan belum menyediakan <i>trainer</i> fisik yang lengkap, sehingga praktik mikrokontroler pada berbagai skenario (multi sensor dan aktuator) belum dapat dilakukan	Relevansinya sama-sama menekankan pentingnya praktik hardware langsung dalam pembelajaran mikrokontroler. Perbedaannya fokus penelitian pada integrasi simulasi–hardware, sedangkan penelitian saya berfokus pada pengembangan <i>trainer</i> fisik multi sensor dan

No	Penelitian dan Tahun	Hasil	Keterbatasan	Relevansi dan Perbedaan
			secara penuh pada perangkat nyata.	aktuator yang lengkap.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian sebelumnya tersebut, bisa disimpulkan bahwa belum ada penelitian yang secara khusus mengembangkan *Trainer arduino uno* dengan integrasi enam jenis sensor (Ultrasonik, *PIR*, *DHT11*, Kelembaban Tanah, Inframerah, dan *RFID*) serta lima jenis aktuator/antarmuka (*LCD I2C*, Motor Servo, *Buzzer*, *LCD*, dan *Push Button*) dalam satu desain produk yang terpadu. Penelitian-penelitian sebelumnya umumnya masih terbatas pada penggunaan sensor dan aktuator tertentu atau berfokus pada aplikasi yang bersifat spesifik. Oleh sebab itu, penelitian ini dibuat untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan *trainer* yang bersifat fleksibel dan modular, serta mampu mendukung pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan logika kondisional *multi-input* dan *multi-output* pada pembelajaran mikrokontroler tingkat menengah di SMK.

C. Kerangka Berpikir

Berdasarkan hasil identifikasi masalah di lapangan, pembelajaran praktik mikrokontroler di SMK masih menghadapi beberapa kendala, di antaranya kompleksitas materi yang cukup tinggi, penggunaan media praktik yang bersifat monofungsional, serta rendahnya keterampilan peserta didik dalam mengintegrasikan berbagai komponen sistem. Kondisi tersebut menyebabkan proses pembelajaran praktik belum berjalan secara optimal.

Selanjutnya dilakukan studi literatur dan kajian pustaka yang meliputi teori pembelajaran, penelitian terdahulu yang relevan, serta kajian mengenai spesifikasi komponen mikrokontroler dan sensor. Studi literatur ini dilakukan dengan tujuan memperoleh landasan teoritis yang kuat dalam mengembangkan media pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran praktik mikrokontroler di SMK.

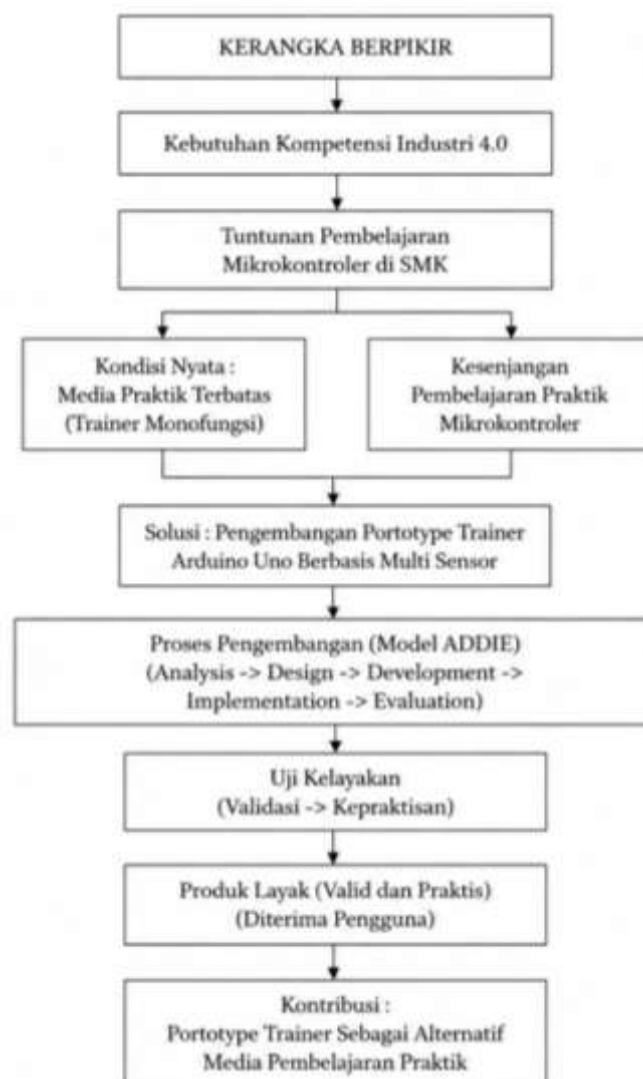
Berdasarkan permasalahan dan hasil kajian pustaka tersebut, dikembangkanlah sebuah produk berupa prototipe Trainer Arduino Uno berbasis multi sensor dan aktuator. Proses pengembangan produk ini dilakukan dengan mengacu pada model ADDIE, yang meliputi tahap *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Model ADDIE dipilih karena sifatnya yang sistematis dan sesuai untuk digunakan dalam pengembangan media pembelajaran.

Setelah produk dihasilkan, tahap selanjutnya adalah evaluasi formatif yang bertujuan untuk mengukur kualitas media yang telah dikembangkan. Adapun evaluasi tersebut dilaksanakan melalui:

1. Uji Ahli (*Expert Judgment*): Buat menilai validitas (kelayakan) produk pada aspek materi dan media. Uji ini melibatkan ahli materi dan ahli media.
2. Uji Coba Terbatas (*Small Group Trial*): Untuk menilai kepraktisan dan penerimaan pengguna. Uji ini melibatkan siswa sebagai pengguna dalam skala terbatas untuk mendapatkan umpan balik langsung.

Hasil dari kedua tahap evaluasi tersebut digunakan sebagai dasar penyempurnaan produk sehingga diperoleh produk final berupa prototype *Trainer arduino uno* berbasis multi sensor dan aktuator yang layak (valid) dan praktis (dapat diterima pengguna). Kehadiran produk akhir ini diharapkan mampu menjadi alternatif media pembelajaran, sehingga dapat menunjang kegiatan praktik mikrokontroler di SMK.

Kerangka berpikir penelitian ini secara ringkas disajikan pada Gambar 2.13 Kerangka Berpikir Penelitian.



Gambar 2.13 Kerangka Berpikir