

SKRIPSI

RANCANG BANGUN MODUL ROBOTIKA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATA KULIAH KECERDASAN BUATAN DAN ROBOTIKA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32

Disusun dan diajukan oleh:

**DEBI RIZKY RAMADHANA
D121 19 1016**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN MODUL ROBOTIKA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATA KULIAH KECERDASAN BUATAN DAN ROBOTIKA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32

Disusun dan diajukan oleh

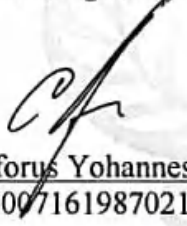
Debi Rizky Ramadhana
D121 19 1016

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 8 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Ir. Christoforus Yohannes, M.T.
NIP 196007161987021002


Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T.
NIP 196108131988112001

Ketua Program Studi,


Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN, Eng.
NIP 197507162002121004



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Debi Rizky Ramadhana
NIM : D121191016
Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**RANCANG BANGUN MODUL ROBOTIKA SEBAGAI MEDIA
PEMBELAJARAN PADA MATA KULIAH KECERDASAN BUATAN DAN
ROBOTIKA MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 08 Januari 2024

Yang Menyatakan



Debi Rizky Ramadhana



ABSTRAK

DEBI RIZKY RAMADHANA. *Rancang Bangun Modul Robotika sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Kecerdasan Buatan dan Robotika menggunakan Mikrokontroler ESP32* (dibimbing oleh Christoforus Yohannes dan Ingrid Nurtanio)

Penggunaan produk RoboKit sebagai modul praktikum pada mata kuliah Kecerdasan Buatan dan Robotika cenderung menjadi terbatas dan kurang relevan dengan perkembangan teknologi saat ini, khususnya pada bagian mikrokontroler yang digunakan. Jika dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya, seperti ESP32, tentunya mikrokontroler ESP32 memiliki fitur yang lebih unggul dan lebih canggih. Oleh karena itu, diperlukan suatu penyesuaian modul yang relevan dengan perkembangan teknologi saat ini yaitu dengan memperbarui modul yang ada melalui penggantian mikrokontroler RoboKit menjadi mikrokontroler ESP32 namun tetap memanfaatkan komponen RoboKit lainnya, seperti sensor, aktuator dan berbagai *frame*-nya.

Penggunaan mikrokontroler ESP32 yang lebih canggih dipilih untuk meningkatkan kinerja robot dalam hal daya komputasi, koneksi nirkabel dan fleksibilitas dalam pengembangan. Dengan demikian, performa kinerja robot dapat ditingkatkan dan mahasiswa lebih mengenal konsep dasar robot lewat mikrokontroler ESP32.

Dari hasil pengujian komponen yang dilakukan, hampir seluruh komponen RoboKit kompatibel dengan mikrokontroler ESP32 sehingga penggantian mikrokontroler tetap memungkinkan dan menghasilkan 13 buah robot versi ESP32. Hasil dari 13 robot versi ESP32 selanjutnya dibuatkan dalam bentuk modul praktikum yang diberi nama “*Cyber Logic*” dan dilakukan uji coba validasi modul. Hasilnya, modul praktikum dikategorikan **sangat layak** berdasarkan dua kali hasil uji coba terhadap 33 dan 13 orang mahasiswa Teknik Informatika, Universitas Hasanuddin. Perolehan nilai validasi secara keseluruhan yaitu 81,06% dan 90,99% ditinjau dari aspek tampilan, penyajian dan kemanfaatan.

Kata Kunci: Robot, RoboKit, ESP32



ABSTRACT

DEBI RIZKY RAMADHANA. *"Design and Development of Robotics Module as a Learning Media for Artificial Intelligence and Robotics Courses Using ESP32 Microcontroller"* (supervised by Christoforus Yohannes and Ingrid Nurtanio)

The utilization of RoboKit products as a practical module in Artificial Intelligence and Robotics courses tends to be limited and less relevant to current technological advancements, especially concerning the microcontroller used. When compared to other microcontrollers, such as ESP32, the ESP32 microcontroller undeniably offers superior and more advanced features. Therefore, there is a need for an adjustment of the module that aligns with current technological developments. This adjustment involves updating the existing module by replacing the RoboKit microcontroller with the ESP32 microcontroller while still utilizing other RoboKit components, such as sensors, actuators, and various frames.

The more advanced ESP32 microcontroller was chosen to enhance the robot's performance in terms of computational power, wireless connectivity, and flexibility in development. Consequently, the robot's performance can be enhanced, and students can gain a better understanding of fundamental robotics concepts through the ESP32 microcontroller.

From the component compatibility testing results conducted, nearly all RoboKit components are compatible with the ESP32 microcontroller, allowing for the replacement of the microcontroller and resulting in the creation of 13 ESP32-based robot versions. The outcomes of these 13 ESP32-based robots are then compiled into a practical module named "Cyber Logic" and subjected to module validation tests. The results categorize the practical module as highly suitable, based on two rounds of testing involving 33 and 13 students majoring in Informatics Engineering at Hasanuddin University. The overall validation score is 81.06%, with particular emphasis on appearance, presentation, and usability, which scores 90.99%.

Keywords: Robot, RoboKit, ESP32



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Robotika.....	5
2.2 RoboKit.....	5
2.3 Komponen <i>Hardware</i> RoboKit.....	6
2.4 Komponen Penunjang RoboKit	14
2.5 Mikrokontroler	17
2.6 ESP32.....	20
2.7 Bahasa C	22
2.8 Arduino IDE.....	23
2.9 Fritzing.....	25
2.10 Media Pembelajaran.....	26
BAB III METODE PENELITIAN/PERANCANGAN	31
3.1 Lokasi Penelitian.....	31
3.2 Benda Uji dan Alat.....	31
3.3 Tahapan Penelitian.....	32
3.4 Rancangan Sistem.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Perbandingan Mikrokontroler ATmega8 CPU RoboKit dengan ESP32.....	42
4.2 Kekompatibelan ESP32 terhadap Komponen RoboKit.....	43
4.3 Robot Versi ESP32	49
4.4 Modul Praktikum Robot Versi ESP32	52
4.5 Hasil Pengujian Produk.....	53
4.6 Analisis Uji Kelayakan Modul Praktikum	58
4.7 Kekurangan Modul Praktikum.....	62
KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
Kesimpulan	64
Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Fleksibilitas komponen RoboKit.....	6
Gambar 2 Fitur produk RoboKit.....	6
Gambar 3 <i>LED board</i> RoboKit.....	7
Gambar 4 <i>Buzzer board</i> RoboKit.....	8
Gambar 5 <i>Contact switch Board</i>	9
Gambar 6 <i>Infrared Sensor Board</i>	9
Gambar 7 <i>Sound sensor board</i> RoboKit.....	10
Gambar 8 <i>Voice board</i> RoboKit.....	11
Gambar 9 <i>DC motor</i> RoboKit.....	12
Gambar 10 Struktur motor DC.....	12
Gambar 11 <i>Servo motor</i>	14
Gambar 12 Jenis-jenis <i>frame</i> RoboKit.....	15
Gambar 13 Jenis-jenis <i>L-type frame</i> RoboKit.....	15
Gambar 14 Jenis-jenis <i>support</i> RoboKit.....	16
Gambar 15 Komponen-komponen roda RoboKit.....	17
Gambar 16 Diagram blok sebuah mikrokontroler.....	18
Gambar 17 Mikrokontroler ESP32.....	21
Gambar 18 Arduino IDE.....	23
Gambar 19 Tampilan Fritzing.....	25
Gambar 20 Tahapan penelitian.....	33
Gambar 21 Rancangan sistem.....	35
Gambar 22 Contoh program untuk menyalakan LED menggunakan <i>software</i> Rogic.....	40
Gambar 23 Robot sebelum dan sesudah diubah.....	41
Gambar 24 <i>DC motor driver board</i>	45
Gambar 25 Motor <i>driver</i> L298N.....	46
Gambar 26 Contoh jarak pemberian lubang baut pada komponen RoboKit (<i>middle frame</i>).....	47
Gambar 27 Menyelaraskan fisik ESP32 terhadap komponen RoboKit.....	47
Gambar 28 Menyelaraskan fisik L298N terhadap komponen RoboKit.....	48
Gambar 29 Robot versi ESP32.....	50
Gambar 30 <i>Remote control</i> pada robot versi RoboKit.....	50
Gambar 31 Tampilan <i>Serial Bluetooth Terminal</i> untuk fitur <i>Bluetooth</i> ESP32 ...	51
Gambar 32 Tampilan halaman <i>browser</i> untuk fitur <i>Wi-Fi</i> ESP32.....	51
Gambar 33 Tampilan sampul modul praktikum.....	53
Gambar 34 Grafik hasil uji coba pertama pada modul praktikum.....	60
Gambar 35 Grafik hasil uji coba kedua pada modul praktikum.....	61



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tegangan maju (Huri, 2020).....	7
Tabel 2. Perbandingan ESP32 dengan Arduino Uno	21
Tabel 3. Kriteria kelayakan media	34
Tabel 4. Hasil mengoperasikan mikrokontroler ATmega8 dan ESP32 dengan beberapa sensor	42
Tabel 5. Hasil mengoperasikan komponen RoboKit menggunakan pin i/o CPU RoboKit dan menggunakan pin GPIO ESP32	44
Tabel 6. Hasil uji kekompatibelan ESP32 terhadap komponen RoboKit	48
Tabel 7. Pengujian black box	53
Tabel 8. Hasil uji coba pertama berdasarkan aspek secara keseluruhan.....	58
Tabel 9. Hasil uji coba kedua berdasarkan aspek secara keseluruhan	61



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
ESP32	<i>Espressif System Platform 32</i>
C/W	<i>Contact switch</i>
IR	<i>Infrared</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver-Transmitter</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rincian Biaya Penelitian	68
Lampiran 2 Kuesioner (1)	69
Lampiran 3 Kuesioner (2)	73



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji hanya milik Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam. Alhamdulillahirabbil'aalamiin*, berkat *ridha* ' dan kemudahan yang diberikan oleh Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala*, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Modul Robotika sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Kecerdasan Buatan dan Robotika menggunakan Mikrokontroler ESP32”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian Program Strata-1 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari banyak kesulitan dan kendala yang dihadapi saat penyusunan tugas akhir ini. Dalam prosesnya, penulis memperoleh banyak bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala*, atas izin rahmat, nikat dan kasih sayang-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Hasbi dan Ibu Dahlia, yang senantiasa mendoakan, memberikan dukungan, menjadi tempat curhat penulis dan memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.
3. Bapak Ir. Christoforus Yohannes , M.T. selaku pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T. selaku pembimbing II, yang senantiasa menyediakan waktu, tenaga, pikiran dan menyediakan fasilitas kepada penulis serta memberikan perhatian yang luar biasa dalam mengarahkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
4. Segenap Dosen dan Staff Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu penulis selama masa kuliah.



5. Saudara penulis, Habil, Rain dan Khayla serta saudara sepupu penulis, Kak Ana dan Fajrin, yang senantiasa menghibur dan memberikan semangat kepada penulis.
6. Andi Widad Sucitra, Annisa Fitri, Andi Besse Adya dan Wira Drana Wasistha yang selama ini telah mendukung dan mewarnai hari-hari penulis dalam menjalani masa perkuliahan serta menjadi teman terbaik bagi penulis. Terima kasih juga kepada Sitti Rahma dan Indri Anggreni yang telah menjadi teman sekampung, teman sekampus dan teman sekamar yang baik sekaligus menjadi sosok saudara bagi penulis.
7. Teman-teman Teknik Informatika Angkatan 2019 (S19NIFIER), teman-teman Lab AIMP dan Lab CC, serta teman-teman kelas A yang telah memberi bantuan, dukungan dan semangat selama masa perkuliahan dan penyusunan tugas akhir ini.
8. Adik-Adik Teknik Informatika Angkatan 2020 khususnya yang mengambil konsentrasi IoT dan AI, sangat membantu penulis dalam proses penyempurnaan tugas akhir ini.
9. Kakak-kakak Lab Animasi dan Multimedia yang senantiasa membantu dan menghibur penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teman-teman Elscieto yang senantiasa memberi semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
11. Teman-teman KKN Posko 3 Desa Carucu Gel.108 (Muthia, Halil, Ayu, Baso, Kak Ipul, Gheby, Ima, Tiwi, Tariza dan Candra) yang telah memberikan pengalaman berkesan kepada penulis selama KKN, khususnya kepada Muthia yang senantiasa menghibur dan memberikan semangat kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
12. Serta berbagai pihak atas segala dukungan dan bantuannya yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu.



Penulis berharap semoga Allah membalas segala kebaikan yang telah diterima oleh penulis dari berbagai pihak yang telah membantu mempermudah penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan yang membangun dari berbagai pihak. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan pengetahuan dan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Gowa, 08 Januari 2024

Debi Rizky Ramadhana



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di dalam dunia pendidikan, penelitian di bidang robotika terus dikembangkan. Perguruan-perguruan tinggi di Indonesia bahkan sekolah-sekolah menengah kejuruan terus berlomba untuk menciptakan robot-robot yang memiliki tingkat keakuratan yang tinggi (Marindani, 2011).

Robotika adalah ilmu yang mempelajari mengenai proses perancangan dan pengembangan robot serta membahas mengenai penerapan-penerapan teknologi robotika pada kehidupan manusia. Dalam penerapannya, ilmu robotika erat hubungannya dengan ilmu kecerdasan buatan. Teknologi dan aplikasi robot terus berkembang secara cepat, baik dari sisi kehandalan, jangkauan kemampuan dan bidangnya maupun harganya (Adriansyah, 2008).

Dalam perkuliahan pada Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, mahasiswa diberikan kesempatan untuk mendalami Kecerdasan Buatan dan Robotika melalui mata kuliah yang tidak hanya memberikan landasan teori tetapi juga melalui praktikum. Dalam perkuliahan ini, mahasiswa melakukan praktikum dengan memanfaatkan modul dari RoboKit Series 1, 2 dan 3 buatan Korea yang terdiri dari berbagai komponen yang cukup lengkap dan semua komponennya dapat dikombinasikan dengan kerangka *frame*-nya karena memiliki satuan standar tersendiri. Namun, perlu diperhatikan bahwa seiring dengan kemajuan teknologi, terutama dalam bidang robotika dan mikrokontroler, terdapat kebutuhan untuk memperbarui dan meningkatkan peralatan yang digunakan dalam praktikum. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah perkembangan mikrokontroler, dimana RoboKit saat ini tertinggal dan terbatas.

Mikrokontroler yang digunakan pada RoboKit ini menggunakan jenis prosesor ATmega8. Meskipun ATmega8 sudah memiliki fitur-fitur yang cukup seperti, *timer/counters*, PWM, SPI dan komunikasi serial UART, tetapi tersebut hanya dapat digunakan untuk menjalankan program-program yang sederhana dan tidak begitu kompleks karena dibatasi oleh kapasitas memorinya.



Mikrokontroler jenis ini hanya dibekali dengan 8KB *memori flash*, RAM 1KB dan EEPROM 512byte. Mikrokontroler RoboKit juga hanya memiliki 15 *input/output* digital sehingga akan membatasi pengguna dalam mengembangkan robot. Selain itu, mikrokontroler ini hanya mendukung penggunaan kabel jenis RS-232 yang kini sudah sangat jarang penggunaannya. Jika dibandingkan dengan mikrokontroller lainnya, seperti ESP32, tentunya mikrokontroler ESP32 memiliki fitur yang lebih unggul dan bahkan lebih canggih.

Mikrokontroler ESP32 merupakan salah satu produk mikrokontroler yang juga cukup populer sekarang di kalangan pengembang elektronika karena kemampuan dan fiturnya yang lebih lengkap. ESP32 dilengkapi dengan prosesor *dual-core Xtensa LX6*, RAM sebesar 520 KB dan memori flash sebesar 4 MB. ESP32 juga memiliki 36 pin *input/output* serta dilengkapi dengan adapter *Wi-Fi* dan *Bluetooth 4.0*. Dari spesifikasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa ESP32 memiliki lebih banyak keunggulan dibanding mikrokontroler lainnya (Widyatmika I Putu Ardi Wahyu et al., 2021). Dengan demikian dengan ESP32 akan memungkinkan mahasiswa untuk tidak sekadar mengenal dasar robot namun juga dapat bereksplorasi dan melakukan lebih banyak hal lagi.

Berdasarkan pemaparan diatas, untuk dapat meningkatkan kemampuan dan pengetahuan mahasiswa maka diperlukan suatu penyesuaian modul yang sesuai dengan perkembangan teknologi saat ini. Ketergantungan dalam penggunaan modul lama yang masih memanfaatkan RoboKit melatarbelakangi penulis untuk memperbarui modul yang ada dengan mengganti mikrokontroler ATmega8 pada modul RoboKit menjadi mikrokontroler ESP32 yang akan dinamai dengan modul “Cyber Logic”.

Penggantian modul RoboKit menjadi Cyber Logic dilakukan dengan tujuan untuk menjaga agar kurikulum pendidikan tetap relevan dengan perkembangan teknologi terbaru. Penggunaan mikrokontroler ESP32 yang lebih canggih dipilih untuk meningkatkan kinerja robot dalam hal daya komputasi, koneksi nirkabel dan fleksibilitas dalam pengembangan. Fitur pembaruan perangkat lunak melalui *Wi-Fi*

ngkatan daya tahan baterai juga menjadi aspek penting dalam upaya
ian dan pengembangan robotika.



Dalam penggantian mikrokontroler ini, penulis akan tetap memanfaatkan komponen RoboKit lainnya seperti aktuator, sensor, berbagai jenis *frame* dan komponen pendukung lainnya. Penulis juga akan memperbarui pengimplementasian penulisan program. Jika dalam modul sebelumnya kode program dituliskan menggunakan GUI Rogic, maka dalam modul yang akan dibuat kode program akan dituliskan dalam bahasa C menggunakan Arduino IDE. Pembuatan kode program juga akan mendukung penggunaan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* sebagai pengontrol robot alih-alih menggunakan *remote controller*.

Dengan mengombinasikan mikrokontroler ESP32 dan komponen dari RoboKit, juga berarti diperlukan rancangan desain baru robot yang fleksibel dan modul pembelajaran untuk panduan perakitan robot. Diharapkan dengan dibuatnya modul pembelajaran panduan perakitan robot versi ESP32 ini, dapat memaksimalkan pemanfaatan sumber daya yang tersedia serta meningkatkan kualitas pembelajaran khususnya dalam bidang robotika secara relevan dan modern.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana cara mengganti mikrokontroler ATmega8 pada RoboKit menjadi mikrokontroler ESP32 ?
- b. Bagaimana cara menyesuaikan desain robot dan menentukan tingkat kesulitan robot untuk diimplementasikan dalam modul praktikum?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk meningkatkan modul pembelajaran RoboKit dengan mengganti mikrokontroler ATmega8 menjadi mikrokontroler ESP32.
- b. Untuk menghasilkan robot baru lewat modul “Cyber Logic” yang menggunakan kontroler ESP32.



1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan:

- a. Dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas robot sehingga robot dapat melakukan tugas yang lebih kompleks dan akurat.
- b. Dapat meningkatkan pengetahuan, keterampilan dan kreativitas mahasiswa dalam menggunakan mikrokontroler ESP32 lewat modul “Cyber Logic” yang dihasilkan.

1.5 Ruang Lingkup

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

- a. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32.
- b. Sensor, aktuator dan komponen pelengkap yang digunakan adalah RoboKit Series 1, 2 dan 3.
- c. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah pengembangan bahasa C dan menggunakan *software* Arduino IDE.
- d. Robot pada modul praktikum Cyber Logic yang akan dibuat adalah RaceBot, ControlBot, HittingBot, BumperBot, SensingBot, TurtleBot, ServoBot, KartBot, AvoidBot, FlagBot, SweepBot, ParrotBot dan SpaceBot.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robotika

Robotika adalah disiplin ilmu yang fokus pada perancangan, pengembangan dan penerapan teknologi robot dalam kehidupan manusia. Ilmu robotika ini sering terkait dengan bidang kecerdasan buatan dalam praktiknya (Sutikno et al., 2012).

Secara umum, robot terdiri dari tiga komponen utama, yaitu sensor, aktuator dan mikrokontroler. Aktuator digunakan untuk mengendalikan pergerakan robot, yang dapat berupa pergerakan yang tetap (seperti sendi pada robot tangan) atau pergerakan yang bersifat berpindah tempat (seperti pergerakan robot beroda dari satu lokasi ke lokasi lain). Di sisi lain, sensor berfungsi untuk mengumpulkan informasi dari lingkungan sekitar di mana robot beroperasi. Dalam analogi dengan makhluk hidup, sensor pada robot dapat diibaratkan sebagai indra yang digunakan untuk merasakan dan memahami lingkungan sekitarnya. Jenis informasi yang dapat diterima oleh robot tergantung pada kemampuan sensor tersebut untuk mendeteksi jenis *input* yang diperlukan.

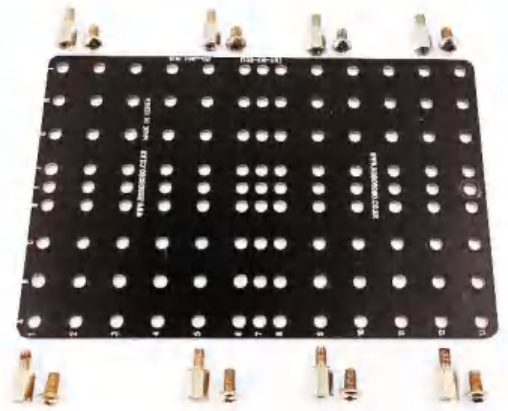
2.2 RoboKit

RoboKit merupakan produk robot yang berasal dari salah satu perusahaan di Korea Selatan, yaitu Roborobo. Tujuan utama RoboKit adalah untuk mengembangkan minat dan pengetahuan pengguna terhadap dunia robotika. RoboKit dirancang untuk menjadi alat pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan teknis terkait robotika. RoboKit terdiri dari berbagai komponen *input output* seperti sensor dan aktuator serta berbagai komponen penunjang seperti *frame* yang dapat disesuaikan sehingga memungkinkan pengguna merancang robot mereka sendiri. Komponen-komponen RoboKit didesain fleksibel dengan satuan standarnya tersendiri sehingga berbagai komponen RoboKit dapat dirangkai satu sama lain. Setiap papan atau *board* yang digunakan



Setiap modul memiliki ukuran yang beragam namun sebanding satu sama lain dan dilengkapi dengan lubang-lubang baut di tiap tepinya sehingga

memudahkan pengguna untuk merangkai semua jenis komponen. Gambar 1 menunjukkan komponen RoboKit yang fleksibel satu sama lain.



Gambar 1 Fleksibilitas komponen RoboKit

RoboKit dilengkapi dengan perangkat lunak pemrograman robot yang disebut Rogic. Perangkat lunak ini memberikan lingkungan pemrograman berbasis GUI yang sederhana dan menarik, sehingga pengguna dapat belajar memprogram robot dengan mudah dan menyenangkan.



Sumber: <https://eng.roborobo.co.kr/products/robot/robokit/compos>

Gambar 2 Fitur produk RoboKit

2.3 Komponen *Hardware* RoboKit

Hardware atau perangkat keras dapat diklasifikasikan sebagai *input* atau *output* mencakup dari sakelar sederhana hingga sensor analog kompleks yang menerima nilai-nilai fisik hingga dikonversi menjadi tegangan yang sesuai.



Sementara *output* mencakup penggunaan LED sederhana hingga penggunaan aktuator (Gridling & Weiss, 2007).

2.3.1 LED board

LED (light emitting diode) adalah elemen *output* yang paling dasar. LED (*Light Emitting Diode*) adalah perangkat semikonduktor yang menghasilkan cahaya ketika arus listrik melewati material semikonduktor di dalam LED. LED dapat menghasilkan cahaya dengan warna berbeda tergantung pada jenis material semikonduktor yang digunakan (Huri, 2020).

Setiap warna LED memiliki ketentuan tegangan maju (*forward bias*) khusus yang harus dipenuhi agar LED dapat menyala. Tegangan maju ini tergolong rendah sehingga diperlukan penggunaan resistor untuk mengatur arus dan tegangan agar LED tidak mengalami kerusakan. Seperti yang ditunjukkan pada *LED board* RoboKit Gambar 3, setiap *LED board* dengan warna yang berbeda juga memiliki jenis resistor yang berbeda.



Gambar 3 LED board RoboKit

Tegangan maju ini biasanya disimbolkan sebagai V_F . Berikut adalah Tabel 1 yang menampilkan tegangan maju yang dibutuhkan untuk menghidupkan berbagai jenis lampu LED.

Tabel 1. Tegangan maju (Huri, 2020)

Warna LED	Tegangan Maju @20mA
Infra Merah	1,2 V
Merah	1,8 V
Jingga	2,0 V
Kuning	2,2 V
Hijau	3,5 V



Warna LED	Tegangan Maju @20mA
Biru	3,6 V
Putih	4,0 V

2.3.2 Buzzer Board

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berperan dalam mengubah aliran listrik menjadi getaran suara. Prinsip kerja dasar *buzzer* melibatkan kumparan yang terletak di atas diafragma. Ketika kumparan tersebut dialiri arus listrik akan terbentuk medan magnet sehingga kumparan tersebut akan bergerak tertarik atau terdorong tergantung dari arah arus listrik dan polaritas magnet. Kumparan ini terhubung dengan diafragma yang mengakibatkan kumparan bergerak secara bolak-balik sehingga menyebabkan udara bergetar dan menghasilkan suara (Christyan, 2018).



Gambar 4 Buzzer board RoboKit

2.3.3 Contact switch Board

Tombol adalah salah satu elemen *input* yang paling sederhana. Tombol yang terdapat pada *contact switch board* digunakan untuk mendeteksi apakah suatu saklar ditekan atau tidak. Saat *contact switch* dalam kondisi tidak ditekan, sinyal yang bergerak tidak menyentuh kontak listrik dan menyebabkan pemutusan sirkuit listrik, sehingga arus tidak dapat mengalir melalui saklar. Namun, saat saklar ditekan, sinyal yang bergerak akan bersentuhan dengan kontak listrik, sehingga sirkuit listrik tertutup dan arus dapat mengalir. Ketika status saklar berubah dari tidak ditekan menjadi ditekan, atau sebaliknya, terjadi perubahan dalam sirkuit listrik sinyal akan dikirim saat saklar ditekan dan sinyal akan berhenti dikirim saat tidak ditekan.





Gambar 5 *Contact switch Board*

Salah satu karakteristik yang agak mengganggu dari *contact switch* adalah efek *bouncing*. Hal ini disebabkan oleh kontak mekanis yang tidak terhubung dengan benar sehingga menyebabkan sinyal berubah antara LOW dan HIGH beberapa kali sebelum stabil pada level tegangan yang sesuai. Efek *bouncing* dapat berlangsung selama beberapa milidetik dan dapat menjadi masalah pada aplikasi yang menggunakan sistem berbasis interupsi. Oleh karena itu, untuk mencegah terjadinya efek *bouncing*, dapat dilakukan dengan menerapkan hal-hal berikut seperti penggunaan kapasitor untuk *bouncing* yang sangat singkat, penggunaan penghilangan *noise* lewat kontroler ataupun dengan bantuan *timeout* lewat *software* dan kontroler (Gridling & Weiss, 2007).

2.3.4 *Infrared Sensor Board*

Infrared sensor atau sensor inframerah adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur radiasi inframerah. Sensor inframerah bekerja dengan cara mengubah radiasi inframerah menjadi sinyal listrik yang dapat diukur atau digunakan dalam berbagai aplikasi.



Gambar 6 *Infrared Sensor Board*



Caranya kerja *infrared sensor board* ini adalah ketika sensor mendeteksi sedikit pantulan cahaya inframerah, seperti pada objek yang berwarna gelap atau hitam, maka *phototransistor* dalam keadaan mati dan *output* modul akan

berada pada tingkat HIGH yang akan menyebabkan indikator LED menyala. Sebaliknya, jika sensor mendeteksi pantulan cahaya yang cukup, terutama pada permukaan yang terang atau putih, intensitas cahaya yang dipantulkan dan diterima oleh *phototransistor* akan mencukupi untuk mengaktifkan *phototransistor* dan modul akan menghasilkan *output* LOW (Ardianto, 2016).

2.3.5 Sound Sensor Board

Sensor suara adalah perangkat sensor yang mengubah sinyal gelombang suara menjadi sinyal listrik. Perangkat ini menggunakan sebuah mikrofon yang beroperasi berdasarkan intensitas gelombang suara yang mengenai membran sensor. Ketika gelombang suara mencapai membran sensor, kumparan kecil pada membran sensor akan bergerak naik dan turun. Hasilnya kemudian diproses oleh chipset untuk menghasilkan sinyal keluaran. Kepekaan mikrofon dapat diatur menggunakan potensiometer yang ada pada *sound sensor board* tersebut (R. P. Nugroho, 2020)



Gambar 7 Sound sensor board RoboKit

Komponen utama dalam sensor ini adalah mikrofon kondenser, yang berfungsi sebagai penerima gelombang suara. Prinsip kerja mikrofon kondenser adalah sebagai berikut

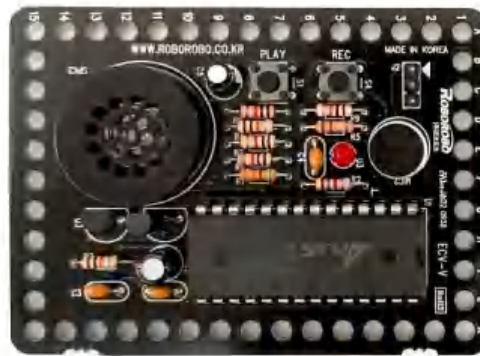
- a. Mikrofon kondenser beroperasi dengan menggunakan diafragma atau susunan backplate yang harus tercatu oleh listrik untuk membentuk sebuah kapasitor yang sensitif terhadap suara. Ketika gelombang suara memasuki mikrofon, komponen diafragma akan bergetar. Komponen diafragma terletak lepan *backplate* yang memiliki komponen kondensator.



- b. Saat kondensator terisi dengan muatan, diafragma dan *backplate* akan menciptakan medan listrik. Besarnya medan listrik ini dipengaruhi oleh jarak antara diafragma dan *backplate* yang dapat berubah.
- c. Variasi dalam jarak antara diafragma dan *backplate* terjadi karena tekanan suara yang mempengaruhi getaran diafragma. Hal ini menyebabkan pergerakan relatif antara diafragma dan *backplate*.

2.3.6 Voice Board

Voice board merupakan IC yang memiliki kemampuan merekam suara dengan durasi maksimal 20 detik dan memiliki kapasitas memori sebesar 3,2kb. *Voice board* ini terhubung langsung dengan *speaker* 8 ohm atau *speaker* aktif (Wahyono et al., 2021). Gambaran fisik dari *Voice Board* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 *Voice board* RoboKit

Pada *voice board*, terdapat beberapa tombol yang tersedia antara lain (Inc, n.d.):

- a. Tombol **rec** merupakan tombol yang digunakan untuk merekam suara dengan cara menekan lama tombol sambil mengambil suara yang ingin direkam. Satu pesan suara dapat direkam dengan durasi hingga 20 detik. Jika suara yang direkam berlangsung lebih dari 20 detik, maka perekaman akan berhenti secara otomatis.



- nbol **play** merupakan tombol yang digunakan untuk memutar suara yang telah direkam sebelumnya. Jika suara baru yang direkam lebih pendek

daripada sebelumnya, bagian yang tersisa dari rekaman sebelumnya tidak akan diputar setelah suara baru diputar.

2.3.7 Motor

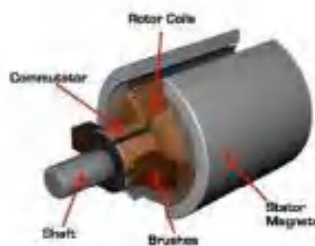
a. *DC motor*

DC motor atau motor arus searah adalah salah satu jenis motor listrik yang sering digunakan dalam berbagai industri, kehidupan sehari-hari dan juga digunakan dalam perangkat pendukung sistem instrumen elektronika. *DC motor* pada RoboKit dapat dilihat pada Gambar 9 berikut



Gambar 9 *DC motor* RoboKit

Menurut (Hudati et al., 2021), *DC motor* adalah perangkat elektromagnetik yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau gerakan. Sumber masukan pada *DC motor* menggunakan daya listrik yaitu tegangan dan arus listrik dimana keluaran dari *DC motor* berbentuk daya mekanik yaitu berupa torsi dan kecepatan rotor.



Gambar 10 Struktur motor DC

Secara umum struktur pada *DC motor* meliputi:

- 1) Stator, bagian stator adalah bagian yang mengandung magnet permanen dan dapat menciptakan medan magnet untuk memutar rotor yang terletak di antara kutub magnet. Dari segi pergerakan atau keadaannya, stator adalah bagian dari motor DC yang tetap diam. Ketika stator diberi daya



DC melalui gulungan medan, stator akan menghasilkan medan magnet yang tetap. Oleh karena itu, stator dalam *DC motor* dapat dianggap sebagai penghasil medan magnet utama

- 2) Rotor, bagian berikutnya adalah rotor yang merupakan lawan dari stator. Rotor adalah komponen dalam *DC motor* yang bergerak dan biasanya terbuat dari inti besi yang dililiti dengan kumparan. Kumparan ini yang disebut sebagai kumparan jangkar yang menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) saat motor dijalankan. Dalam bidang robotika, rotor digunakan untuk menggerakkan roda pada robot dan memungkinkan robot bergerak dengan baik disepanjang jalurnya. Kecepatan rotasi rotor bergantung pada tegangan sumber yang digunakan dan medan magnet yang dihasilkan. Jika tegangan sumbernya tinggi, maka rotor akan berputar lebih cepat karena hubungannya adalah berbanding lurus.
- 3) Air gap / celah udara, bagian air celah udara adalah ruang kosong yang memisahkan antara bagian rotor dan bagian stator dalam *DC motor*. Fungsi dari celah udara dalam *DC motor* sangat penting untuk memungkinkan motor berputar. Tanpa adanya celah udara, bagian rotor dan bagian stator akan bersentuhan dan bergesekan satu sama lain sehingga akan menghambat kemampuan motor untuk berputar.
- 4) *Brushes*, bagian selanjutnya adalah *brushes* yang terletak di sisi komutator dan berfungsi untuk mengalirkan listrik ke motor. Biasanya, bahan yang digunakan untuk membuat *brushes* terdiri dari karbon atau campuran karbon dan grafit. *Brushes* dilengkapi dengan pegas penekan dan kotak sikatnya. Bahan karbon yang digunakan harus memiliki konduktivitas tinggi agar dapat mengurangi kerugian listrik dan menghasilkan koefisien gesekan yang rendah untuk mengurangi keausan.

b. *Servo motor*

Servo motor adalah sebuah perangkat putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo) untuk mengatur dan memastikan



lut dari poros *output* motor. Motor servo terdiri dari motor DC, rangkaian kontrol dan potensiometer. Rangkaian *gear* yang terhubung ke motor DC memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo.

Sementara itu, potensiometer mengubah resistansinya saat motor berputar, yang berperan sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo. Penggunaan sistem kontrol *loop* tertutup pada motor servo sangat berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo.



Gambar 11 Servo motor

Motor servo dikendalikan dengan menggunakan sinyal modulasi lebar pulsa (PWM) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa dari sinyal kontrol ini menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, jika lebar pulsa memiliki durasi 1,5 milidetik, maka poros motor servo akan berada pada posisi sudut 90°. Jika pulsa lebih pendek dari 1,5 milidetik, maka poros akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (sebaliknya arah jarum jam). Sedangkan jika pulsa lebih panjang dari 1,5 milidetik, poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (Putra, 2017).

2.4 Komponen Penunjang RoboKit

Komponen penunjang RoboKit memainkan peran penting dalam merakit, menggabungkan dan memasang komponen utama robot seperti sensor, aktuator dan mikrokontroler. Komponen-komponen ini memungkinkan pengguna untuk merancang model-model yang diinginkan dengan berbagai struktur (Robo, 2023).

2.4.1 Frame

Frame RoboKit terbuat dari bahan sejenis mika dan bentuknya persegi panjang. *Frame* terdiri dari beberapa ukuran dan dilengkapi dengan lubang-lubang yang terstruktur sehingga kompatibel dipasang pada *frame* lain ataupun pada lain. *Frame* biasanya digunakan sebagai dasar atau pondasi rangka pada gambar 12 menunjukkan jenis-jenis *frame* yang terdapat dalam RoboKit.





Gambar 12 Jenis-jenis *frame* RoboKit

2.4.2 *L-type frame*

L-type frame merupakan *frame* yang berbentuk huruf L dan pipih serta terbuat dari bahan logam. *Frame* ini terdiri dari beberapa ukuran dan juga dilengkapi dengan lubang untuk baut. Tipe *frame* ini biasanya digunakan untuk memberikan struktur penyangga pada sudut-sudut tertentu. Gambar 13 menggambarkan berbagai jenis *L-type frame* pada RoboKit.



Gambar 13 Jenis-jenis *L-type frame* RoboKit

2.4.3 *Support*

Support merupakan penyangga yang digunakan untuk memberikan jarak atau antara dua komponen. *Support* memiliki bentuk silinder dengan bagian yang berbentuk *hexagonal* (segi enam). *Support* pada RoboKit terbuat dari



bahan logam dan tersedia dalam berbagai ukuran panjang. Gambar 14 menunjukkan jenis-jenis ukuran *support* pada RoboKit.



Gambar 14 Jenis-jenis *support* RoboKit

2.4.4 Roda

Roda pada RoboKit digunakan untuk memberikan pergerakan atau mobilitas pada robot. Roda merupakan teknik tertua, paling mudah dan paling efisien untuk menggerakkan robot melintasi permukaan datar. Roda seringkali dipilih, karena memberikan traction yang bagus, mudah diperoleh dan dipakai dan juga mudah untuk memasangnya pada robot (Anggoro, 2020).

RoboKit menyediakan beberapa jenis roda yang dapat digunakan yaitu *wheel* dan *caterpillar wheel*. Wheel bentuknya seperti roda pada umumnya yaitu lingkaran namun dengan ukuran yang lebih kecil disesuaikan dengan ukuran motor atau aktuator pada RoboKit. Sementara caterpillar wheel merupakan jenis roda yang dirancang untuk melilit dan menggerakkan kendaraan di atas berbagai jenis medan agar kendaraan dapat beroperasi di lingkungan yang sulit dan tidak datar. Ciri khas caterpillar wheel adalah penggunaan rantai yang terhubung ke sejumlah roda atau rol. Gambar 15 menunjukkan komponen-komponen roda yang dimiliki oleh RoboKit.





Gambar 15 Komponen-komponen roda RoboKit

2.5 Mikrokontroler

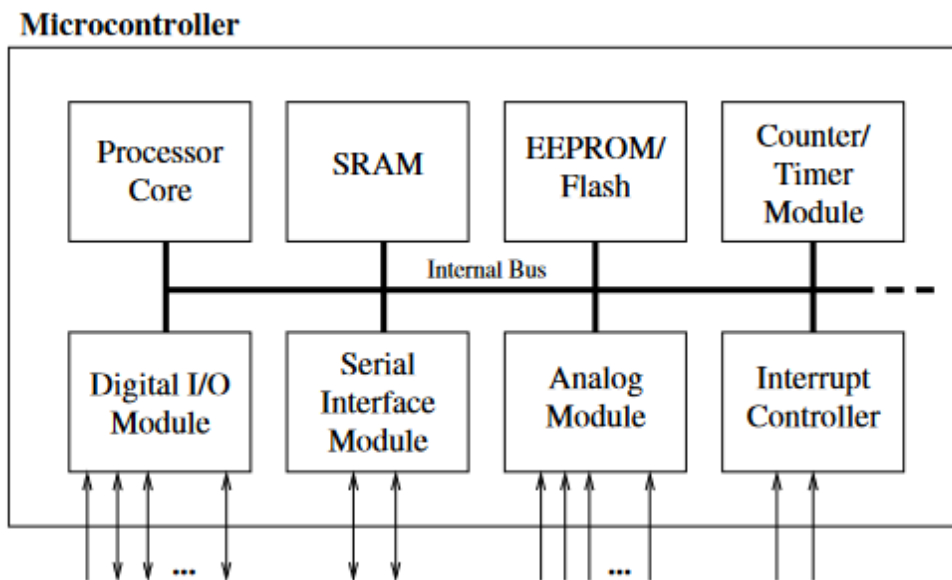
Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran *board* mikrokontroler menjadi sangat ringkas. Mikrokontroler tersusun dalam satu chip dimana prosesor, memori dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem (Nizam et al., 2022).

Mikrokontroler juga dapat diartikan sebagai sebuah perangkat semikonduktor yang terintegrasi dalam satu chip atau paket kecil yang mencakup unit pemrosesan pusat (CPU), memori program, memori data dan berbagai perangkat keras *input/output* (I/O). Salah satu karakteristik utama mikrokontroler adalah ukurannya yang kecil dan konsumsi daya yang rendah sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan ukuran fisik yang kecil dan daya yang efisien, seperti perangkat portable, sensor dan sistem baterai. Mikrokontroler memiliki memori program internal di mana kode program yang akan dijalankan disimpan. Selain itu, mikrokontroler juga memiliki memori data yang digunakan untuk menyimpan variabel dan data sementara. Mikrokontroler dilengkapi dengan berbagai perangkat *input/output* (I/O) yang memungkinkan berinteraksi dengan dunia luar, pin-pin digital dan analog yang dapat digunakan untuk menghubungkan aktuator dan perangkat lainnya.



2.5.1 Komponen-Komponen Mikrokontroler

Menurut (Gridling & Weiss, 2007), semua komponen pada mikrokontroler terhubung melalui bus internal dan terintegrasi dalam satu chip, seperti yang terlihat pada Gambar 16 yang menunjukkan diagram blok dari sebuah mikrokontroler standar.



Sumber : (Gridling & Weiss, 2007)

Gambar 16 Diagram blok sebuah mikrokontroler

- Processor Core** adalah CPU atau komponen utama dalam mikrokontroler. Dalam komponen ini terdapat logika aritmatika, unit kontrol dan register seperti *start pointer*, *program counter*, *accumulator register* dan lain sebagainya.
- Memory** yang digunakan biasanya dibagi menjadi memori program dan memori data. Memori program adalah tempat dimana program atau kode program yang akan dijalankan oleh mikrokontroler disimpan. Memori program biasanya berupa ROM (*Read-Only Memory*), PROM (*Programmable Read-Only Memory*), EPROM (*Erasable Programmable Read-Only Memory*), atau EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*). Sementara memori data adalah tempat dimana data yang digunakan atau diolah oleh program disimpan. Memori data pada mikrokontroler sering kali berupa RAM (*Random Access Memory*). RAM



adalah jenis memori yang bersifat volatile, artinya data di dalamnya hilang ketika daya mati sehingga RAM digunakan oleh CPU untuk penyimpanan sementara data yang diperlukan selama eksekusi program.

- c. **Interrupt Controller** digunakan untuk mengelola interupsi atau peristiwa yang dapat mengganggu alur eksekusi program normal. Interupsi adalah cara untuk memberi tahu CPU bahwa suatu peristiwa penting telah terjadi dan perlu segera ditangani.
- d. **Timer / Counter** digunakan untuk mengukur waktu, mengukur interval atau menghitung kejadian. Sebagian besar kontroler setidaknya memiliki satu timer/counter dan umumnya memiliki 2 hingga 3 timer/counter. *Timer* dapat digunakan untuk menghasilkan pulsa atau gelombang berulang dengan frekuensi atau periode tertentu. Sehingga dapat digunakan dalam aplikasi seperti pembangkit sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk mengendalikan kecepatan motor atau dalam pembangkit sinyal clock dalam sistem. *Counter* digunakan untuk menghitung peristiwa atau pulsa yang masuk dari luar. Misalnya, dapat digunakan untuk menghitung putaran roda dalam aplikasi pengukuran kecepatan atau untuk menghitung detak jantung dalam perangkat medis.
- e. **Digital I/O** adalah salah satu fitur utama dari mikrokontroler. Jumlah pin I/O bervariasi mulai dari 3-4 hingga lebih dari 90, tergantung pada jenis kontroler. Sinyal digital adalah sinyal yang hanya memiliki dua tingkat diskrit, yaitu "1" dan "0" yang merepresentasikan dua keadaan logika berbeda, seperti tegangan tinggi dan rendah.
- f. **Analog I/O** istilah yang digunakan untuk mengacu pada kemampuan mikrokontroler atau sistem untuk menerima sinyal analog dari perangkat luar dan/atau menghasilkan sinyal analog untuk mengendalikan perangkat eksternal. Sinyal analog adalah sinyal kontinu yang bervariasi secara terus-menerus dalam rentang nilai tertentu, berbeda dengan sinyal digital yang hanya memiliki dua tingkat (0 dan 1).



Interfaces dapat digunakan untuk mengunduh program dan berkomunikasi dengan PC pengembang. *Serial Interface* juga dapat digunakan untuk komunikasi dengan perangkat periferal eksternal sehingga sebagian besar

kontroler menawarkan berbagai interface seperti SPI dan SCI. SPI adalah antarmuka komunikasi serial yang digunakan untuk mentransfer data antara mikrokontroler atau mikroprosesor dengan berbagai perangkat periferal, seperti sensor, memori, atau perangkat lainnya. Sementara SCI adalah antarmuka komunikasi serial yang digunakan untuk mengirim dan menerima data antara mikrokontroler atau mikroprosesor dengan perangkat eksternal atau komunikasi dengan perangkat lain, seperti mikrokontroler lain atau PC.

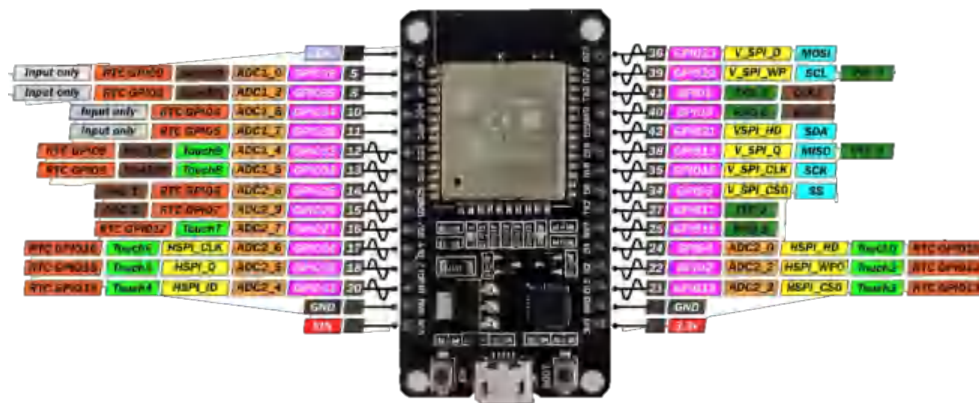
Mikrokontroler dapat diprogram menggunakan berbagai bahasa pemrograman, seperti C, Assembly atau bahasa pemrograman tingkat tinggi lainnya. Program yang dibuat akan menginstruksikan mikrokontroler untuk melakukan tugas tertentu. Mikrokontroler digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk kendali otomatisasi, sistem kendali mesin, perangkat medis, kendaraan pintar, perangkat elektronik konsumen, sistem keamanan dan banyak lagi. Kehadiran mikrokontroler telah mengubah kontrol elektrik dalam berbagai proses menjadi lebih praktis dan ekonomis. Produk dan peralatan yang dapat dikendalikan secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler mencakup sistem kontrol mesin, perangkat rumah tangga, peralatan kantor, mesin berat, mainan dan banyak lagi. Pemanfaatan mikrokontroler memiliki banyak keuntungan, termasuk penghematan biaya, pengurangan ukuran dan efisiensi konsumsi energi jika dibandingkan dengan penggunaan mikroprosesor, memori dan perangkat masukan-keluaran terpisah.

2.6 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (*System of Chip*) terpadu yang dilengkapi dengan *WiFi* 802.11 b/g/n, *Bluetooth* versi 4.2 dan berbagai *peripheral* (Nizam et al., 2022). Hal ini memungkinkan ESP32 untuk berkomunikasi dengan perangkat lain melalui jaringan *Wi-Fi* atau *Bluetooth*. ESP32 adalah nama dari mikrokontroler yang dirancang oleh perusahaan yang berbasis di Shanghai, China yakni Espressif Systems. ESP32 menawarkan solusi jaringan *Wi-Fi* yang mandiri embatan dari mikrokontroler yang ada ke jaringan *Wi-Fi* (Majid, 2022). memiliki dua inti pemrosesan (*dual-core*) yang dapat beroperasi secara paralel sehingga memungkinkan penggunaan yang lebih efisien untuk tugas-



tugas yang berbeda, seperti komunikasi nirkabel dan pemrosesan data. ESP32 dilengkapi dengan memori program yang cukup besar dan memori RAM yang memadai untuk mengakomodasi aplikasi yang lebih kompleks. Selain itu, ESP32 memiliki banyak pin *input/output* (I/O) yang dapat digunakan untuk menghubungkan sensor, aktuator dan perangkat lainnya sehingga memungkinkan fleksibilitas dalam menghubungkan perangkat tambahan. Mikrokontroler ESP32 memerlukan tegangan sekitar 3.3V untuk beroperasi (Kashif, 2023). Biasanya ESP32 menggunakan sumber daya dari kabel USB yang memberikan tegangan 5V, tetapi ESP32 juga mendukung penggunaan baterai 6V dan 9V sebagai sumber daya eksternalnya. Hal ini dapat terjadi sebab setiap tegangan yang terhubung pada pin Vin akan melewati regulator yang akan menurunkan tegangan hingga menjadi 3.3V.



Sumber : (Majid, 2022)

Gambar 17 Mikrokontroler ESP32

Keunggulan fitur yang dimiliki ESP32 membuat mikrokontroler ini seringkali menjadi pilihan yang lebih kuat dan fleksibel dibanding mikrokontroler lain seperti Arduino Uno. Tabel 2 menunjukkan perbedaan fitur antara mikrokontroler ESP32 dengan Arduino Uno.

Tabel 2. Perbandingan ESP32 dengan Arduino Uno

Mikrokontroler	ESP32	Arduino Uno
Tegangan	3.3 Volt	5 Volt
Prosesor	Xtens a dual core LX6 – 160MHz	ATmega328 – 16MHz
Memori	32 bit	8 bit
	16 MB	32kB



Mikrokontroler	ESP32	Arduino Uno
SRAM	512kB	2kB
GPIO PIN (ADC/DAC)	36(18/2)	14(6/-)
Bluetooth	Ada	Tidak ada
Wi-Fi	Ada	Tidak ada
SPI/I2C/UART	4/2/2	1/1/1

Sumber : (Majid, 2022)

2.7 Bahasa C

Bahasa C adalah bahasa pemrograman yang banyak dipakai oleh pada programmer untuk membuat program-program aplikasi, mulai dari aplikasi sederhana sampai aplikasi yang kompleks dan menguras pikiran. Bahasa C pertama kali dikembangkan oleh Dennis Ritchie sekitar tahun 1970-an di Bell Telephone Laboratories Inc. (sekarang bernama AT&T Bell Laboratories). Bahasa pemrograman ini pertama kali digunakan pada komputer Digital Equipment Corporation PDSP-11 yang menggunakan sistem operasi UNIX, Presstiliano (2006).

Menurut (Mulyana, 2016), Bahasa pemrograman Arduino adalah turunan bahasa C yang telah disederhanakan dengan penggunaan fungsi-fungsi yang lebih mudah, sehingga memungkinkan pemula untuk mempelajarinya dengan relatif mudah. Bahasa pemrograman Arduino *sketch* menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya. Karena berasal dari dasar bahasa pemrograman C, bahasa pemrograman Arduino *sketch* memiliki banyak kesamaan, meskipun ada beberapa perubahan yang telah diterapkan (Mulyono, 2016).

Bahasa C dipilih sebagai dasar untuk penulisan program di IDE Arduino karena beberapa alasan:

- Bahasa C dapat dijalankan di hampir semua jenis komputer, termasuk mikrokomputer, sistem mini dan komputer besar.
- Kode dalam bahasa C memiliki sifat portabel, yang berarti aplikasi yang dibuat dengan bahasa ini dapat digunakan di berbagai komputer dengan sedikit modifikasi. Bahasa C adalah bahasa pemrograman yang sangat efisien dan mendekati bahasa mesin. Hal ini cocok untuk mikrokontroler yang memiliki sumber daya terbatas. Bahasa C memungkinkan pengembang untuk



mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti memori dan waktu prosesor dengan baik.

- c. Bahasa C memiliki jumlah kata kunci yang terbatas, yaitu sekitar 32 hingga 39. Semakin sedikit kata kunci dalam sebuah bahasa pemrograman, semakin mudah bagi pengguna untuk mempelajarinya dan menggunakannya. Ini juga menghasilkan eksekusi program yang lebih cepat.
- d. Bahasa C memiliki dukungan *library* yang cukup banyak.
- e. Bahasa C adalah bahasa yang terstruktur, sehingga mudah untuk dipahami.
- f. Bahasa C adalah *compiler* yang menghasilkan *executable* program yang banyak dibutuhkan di pasar komersial.

2.8 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah perangkat lunak *open-source* yang dirancang khusus untuk memprogram, menjalankan program dan mengunggah program ke dalam memori mikrokontroler. Arduino IDE tidak hanya digunakan khusus untuk memprogram mikrokontroler Arduino, tetapi juga dapat memprogram mikrokontroler ESP32 sebab Arduino IDE menyediakan *library* dan *board* yang mendukung untuk ESP32.



Gambar 18 Arduino IDE



Berikut fungsi menu-menu pada Arduino IDE menurut (Arduino, 2023) :

- a. *Verify / Upload*, digunakan untuk melakukan kompilasi dan mengunggah kode ke papan Arduino.
- b. *Select Board & Port*, menampilkan papan Arduino yang terdeteksi secara otomatis lengkap dengan nomor *port* yang tersedia.
- c. *Serial Plotter*, menampilkan alat serial plotter dengan membuka tab baru pada konsol.
- d. *Serial Monitor*, menampilkan alat serial monitor dengan membuka tab baru pada konsol.
- e. *Sketchbook*, menampilkan daftar sketch yang tersimpan pada penyimpanan lokal komputer. Sketchbook juga digunakan untuk melakukan sinkronasi dengan Arduino Cloud.
- f. *Board Manager*, digunakan untuk mengakses berbagai *package board* Arduino yang tersedia.
- g. *Library Manager*, digunakan untuk mengakses ribuan library Arduino yang dibuat oleh Arduino dan komunitas Arduino.
- h. *Debugger*, untuk menguji dan melakukan debugging program secara real-time.
- i. *Search*, untuk mencari kata kunci dalam kode yang ditulis.

Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C yang relatif mudah dipahami oleh pemula. Arduino IDE juga menyediakan lingkungan pengembangan terpadu yang komprehensif yang mencakup editor kode, compiler, pemantauan serial untuk debugging, serta pustaka-pustaka perangkat keras untuk memudahkan pengembangan (Akbar, 2022). Program pada Arduino terbagi menjadi dua bagian utama yaitu :

- a. *Setup()*

Fungsi setup digunakan sebagai bagian awal dari program dan dipanggil pertama kali ketika sketch atau program dijalankan pada mikrokontroler. Fungsi ini digunakan untuk melakukan inisialisasi berbagai variabel, mengatur mode pin, menggunakan library dan melakukan tindakan awal lainnya yang diperlukan dalam program.



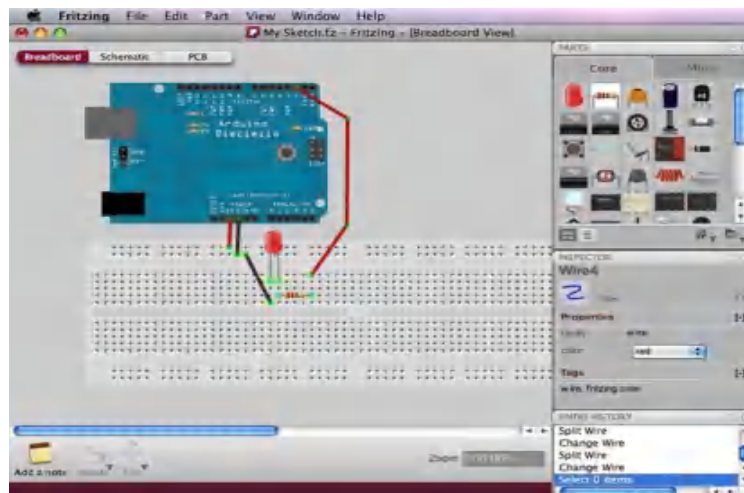
loop()

Setelah membuat fungsi *Setup()* untuk melakukan inisialisasi variabel dan pengaturan awal, fungsi *Loop()* kemudian berperan untuk menjalankan perulangan berulang-ulang. Hal ini memungkinkan program untuk terus-menerus mengubah dan merespons data atau kondisi.

2.9 Fritzing

Fritzing adalah perangkat lunak gratis yang digunakan oleh desainer, seniman dan penghobi elektronika untuk merancang berbagai peralatan elektronika. Antarmuka Fritzing dirancang agar interaktif dan mudah digunakan, bahkan oleh orang yang memiliki sedikit pengetahuan tentang simbol perangkat elektronika. Fritzing menyediakan skema siap pakai untuk berbagai jenis mikrokontroler Arduino dan perangkat penunjangnya. Perangkat lunak ini secara khusus dirancang untuk merancang dan mendokumentasikan produk kreatif yang menggunakan mikrokontroler Arduino (Fatoni et al., 2015).

Fritzing adalah perangkat lunak *open-source* yang dirancang khusus untuk merancang, memvisualisasikan dan membuat skematik elektronik, layout PCB (*Printed Circuit Board*), serta desain dan simulasi prototipe perangkat keras. Fritzing pertama kali dikembangkan oleh beberapa peneliti dari *Interaction Design Lab* di Potsdam, Jerman, pada tahun 2007. Tujuan utamanya adalah membuat alat yang lebih mudah digunakan bagi pemula dan pendidik dalam dunia elektronik dan robotika.



itizing.org

Gambar 19 Tampilan Fritzing

Fritzing memungkinkan pengguna untuk dengan mudah membuat skematik elektronik dengan menarik dan menghubungkan berbagai komponen elektronik seperti resistor, transistor, sensor dan mikrokontroler. Fritzing juga memungkinkan pengguna untuk merancang layout PCB dengan menempatkan komponen pada papan sirkuit, menghubungkannya dengan jejak (*trace*) dan menyesuaikan ukuran serta bentuk PCB. Pengguna dapat membuat desain prototipe perangkat keras mereka, termasuk tampilan fisik dan koneksi antar komponen.

2.10 Media Pembelajaran

Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang diberikan kepada siswa oleh instruktur atau guru pada saat berlangsungnya proses belajar mengajar. Bahan atau media yang membawa materi pembelajaran disebut media pembelajaran (T. Nugroho, 2015). Berdasarkan pengertian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran adalah alat atau sarana yang digunakan dalam proses pembelajaran untuk membantu penyampaian informasi, konsep, atau pengetahuan kepada peserta didik. Media pembelajaran berperan dalam memfasilitasi pemahaman, meningkatkan retensi informasi dan membuat pembelajaran lebih menarik dan efektif.

2.10.1. Jenis-Jenis Media Pembelajaran

Menurut (T. Nugroho, 2015), media pembelajaran terbagi menjadi empat jenis, yaitu :

- a. Media Pembelajaran Visual, sumber belajar yang menyediakan teks, gambar dan ilustrasi untuk menjelaskan konsep-konsep dan informasi yang diajarkan seperti seperti buku, modul, lembar kerja siswa, brosur.
- b. Media Pembelajaran Audio, sumber belajar yang berisikan pesan atau materi pelajaran berbasis pembelajaran auditif berupa suara seperti kaset dan radio.
- c. Media Pembelajaran Audio Visual, sumber belajar yang menggabungkan



nen-elemen visual dan audio untuk menyampaikan informasi, konsep atau pengetahuan dengan memanfaatkan gambar, grafik, video, animasi, suara, dan teks sehingga memperkuat pemahaman dan retensi informasi.

- d. Media Pembelajaran Multimedia Interaktif seperti CAI (Computer Assisted Intruction), compact disc (CD) multimedia pembelajaran interaktif dan bahan ajar berbasis web (web based learning materials).

2.10.2. Pengertian Modul Pembelajaran

Modul pembelajaran merupakan salah satu bentuk bahan ajar berbasis cetak yang dirancang untuk belajar secara mandiri oleh peserta pembelajaran. Menurut (T. Nugroho, 2015), modul merupakan bahan ajar berupa teks berisi pesan dan informasi untuk langkah-langkah yang harus diikuti. Modul pembelajaran juga dapat diartikan sebagai alat atau materi pembelajaran yang dirancang secara sistematis dan terstruktur untuk membantu peserta didik dalam memahami, menguasai dan mengaplikasikan konsep, pengetahuan atau keterampilan tertentu. Modul pembelajaran berfungsi sebagai panduan pembelajaran yang dapat digunakan oleh peserta didik secara mandiri atau sebagai suplemen dalam pengajaran oleh instruktur.

2.10.3. Karakteristik Modul

Berikut adalah beberapa karakteristik penulisan modul pembelajaran menurut (T. Nugroho, 2015):

a. *Self Instructional*

Self instructional atau pembelajaran mandiri adalah metode dimana seseorang atau peserta didik dapat belajar sendiri tanpa perlu bergantung pada pihak lain. Syarat modul pembelajaran agar memenuhi karakter tersebut adalah

- 1) Isi materi pembelajaran yang telah disusun dalam unit kegiatan yang spesifik, sehingga memudahkan pemahaman yang komprehensif.
 - 2) Menyertakan contoh dan ilustrasi yang dapat menjelaskan materi pembelajaran dengan lebih baik
 - 3) Menyisipkan latihan soal dan tugas untuk mengukur kemampuan peserta didik.
- Menyertakan ringkasan materi pembelajaran.
- Terdapat alat penilaian dan sumber referensi yang mendukung materi pembelajaran.



b. *Self Contained*

Konsep “*Self Contained*” adalah ketika seluruh materi pembelajaran yang berkaitan dengan satu unit kompetensi atau sub-kompetensi terkandung dalam satu modul secara lengkap. Tujuan dari pendekatan ini adalah memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memahami sepenuhnya materi pembelajaran yang diajarkan.

c. *Adaptive*

Adaptive berarti bahwa modul dapat beradaptasi dengan kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi serta memiliki fleksibilitas. Modul yang bersifat adaptive adalah ketika isi materi pembelajaran tetap relevan dan dapat digunakan dalam jangka waktu tertentu yang lebih panjang.

d. *User friendly*

User friendly berarti bahwa modul yang dibuat dirancang agar mudah digunakan oleh penggunanya. Setiap instruksi dan informasi yang terdapat dalam modul tersebut dirancang untuk membantu pengguna dan bersahabat dengan mereka termasuk dalam hal kemudahan bagi peserta didik untuk merespon dan mengakses sesuai dengan keinginan mereka. Bahasa yang digunakan sederhana, mudah dipahami dan menggunakan istilah-istilah yang umum digunakan.

2.10.4. Syarat Modul Pembelajaran

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan saat merancang modul pembelajaran menurut (T. Nugroho, 2015) antara lain :

a. Konsistensi

Konsistensi yang diterapkan dalam penyusunan modul pembelajaran antara lain meliputi:

- 1) Penggunaan bentuk huruf dan ukuran huruf yang konsisten
- 2) Konsisten dalam penggunaan jarak dan spasi antara judul dengan baris pertama, antara judul dengan teks utama dan jarak antara baris atau spasi.

Tata letak pengetikan yang konsisten, baik pola pengetikan maupun margin atau batas-batas pengetikan.



b. Format

Format yang diterapkan dalam menyusun modul pembelajaran meliputi:

- 1) Pemakaian satu kolom untuk teks paragraf yang panjang dan dua kolom untuk teks paragraf yang pendek.
- 2) Penggunaan label atau ikon yang mudah dikenali dan digunakan untuk menyoroti informasi yang dianggap penting atau khusus. Tanda ini dapat berwujud gambar, teks miring, teks tebal dan lain sebagainya.

c. Daya tarik

Dalam menyusun modul, penting untuk mempertimbangkan elemen-elemen yang dapat menarik minat pembaca, seperti:

- 1) Halaman depan harus dirancang dengan kombinasi warna, gambar (ilustrasi), bentuk dan ukuran huruf yang sesuai.
- 2) Isi modul dapat menggunakan gambar (ilustrasi), penggunaan huruf tebal, miring, garis bawah atau warna untuk menonjolkan hal-hal yang penting dan menarik.
- 3) Tugas dan latihan harus disajikan dengan cara yang menarik perhatian pembaca.

2.10.5. Kelayakan Modul

Untuk menghasilkan modul yang memenuhi standar kualitas, diperlukan evaluasi modul pembelajaran yang memiliki validitas dan realibilitas yang tinggi. Validitas modul yang digunakan mencakup validitas konten (content validity) dan validitas konstruk (construct validity) yang berkaitan dengan komponen-komponen yang ada dalam modul pembelajaran tersebut. Kelayakan modul pembelajaran secara formatif mencakup aspek-aspek seperti yang dijelaskan oleh (T. Nugroho, 2015).

a. Kelayakan isi/materi

Aspek-aspek yang perlu dipertimbangkan dalam isi/materi modul pembelajaran meliputi:

- Mencakup tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.
- Memudahkan pemahaman peserta didik.



- 3) Menyertakan contoh dan ilustrasi sebagai bagian dari materi.
- 4) Menyajikan isi dengan detail, jelas dan komprehensif.
- 5) Menyertakan latihan dan tugas sebagai bagian dari modul pembelajaran.

b. Ketepatan isi/materi

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam ketepatan isi/materi mencakup:

- 1) Modul pembelajaran menciptakan lingkungan belajar yang sesuai.
- 2) Penggunaan kata-kata yang sesuai dan tepat.
- 3) Kesesuaian konteks dalam isi atau materi.

c. Kemenarikan isi/materi

Aspek-aspek yang perlu dipertimbangkan dalam menjadikan isi/materi menarik meliputi:

- 1) Materi yang dapat menarik perhatian.
- 2) Mampu menarik minat peserta didik.
- 3) Relevan dengan perkembangan terkini.

