

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Penelitian yang berjudul "Implementasi GPS Tracking Pada Tongkat Tunanetra". A. Furqon Arifin dan Eko Budihartono (2019) merancang dan menerapkan sistem pelacakan lokasi berbasis GPS pada tongkat tunanetra menggunakan metode *System Development Life Cycle* (SDLC). Fokus utama penelitian ini adalah mengembangkan tongkat pintar yang terintegrasi dengan sistem pemantauan lokasi melalui sebuah website. Hasilnya adalah sebuah prototipe fungsional, namun disimpulkan bahwa penggunaan modul GPS dengan sensitivitas yang lebih tinggi diperlukan agar alat dapat beroperasi secara optimal di dalam ruangan atau di lokasi dengan sinyal yang terhalang (A. Furqon Arifin, Eko Budihartono, 2019).

Penelitian oleh Soekarta dkk. (2021) yang berjudul "Rancang Bangun Alat Bantu Tuna Netra Menggunakan Tongkat Dengan Sensor Ultrasonik" berfokus pada pengembangan tongkat tunanetra yang memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi halangan. Penelitian ini berhasil menciptakan sebuah tongkat yang efektif mendeteksi objek dalam rentang jarak 20 hingga 60 cm. Sebagai kesimpulan, mereka menyarankan agar keluaran suara dari buzzer dapat diganti dengan rekaman suara manusia untuk memberikan informasi yang lebih jelas mengenai adanya halangan di sekitar pengguna (Soekarta et al., 2021).

Penelitian oleh Rosyadi dkk. (2021) mengembangkan "Rancang Bangun Tongkat Tunanetra Menggunakan Sensor Ultrasonik Dengan GPS Berbasis Mikrokontroller". Dengan menggunakan metode perancangan dan pengembangan (*design and development*), penelitian ini berfokus pada pembuatan prototipe tongkat yang mengintegrasikan sensor ultrasonik dan GPS. Hasil utamanya adalah sebuah alat yang mampu mendeteksi rintangan dalam jarak 50 cm dan melacak lokasi pengguna melalui aplikasi Borland Delphi 7. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penambahan sistem SMS gateway yang terhubung dengan aplikasi Delphi akan mempermudah pelacakan lokasi melalui Google Maps, sehingga fitur tersebut menjadi lebih praktis (Rosyadi et al., 2021).

Penelitian oleh Fuady dkk. (2020) berfokus pada "Deteksi Objek Menggunakan Metode Single Shot Multibox Detector Pada Alat Bantu Tongkat Tunanetra Berbasis Kamera". Menggunakan metode *Single Shot Multibox Detector* (SSD), penelitian ini mengembangkan tongkat berbasis Raspberry Pi dan kamera untuk mendeteksi serta mengidentifikasi objek. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini efektif mendeteksi manusia pada jarak 2 sampai 5 meter dan benda pada jarak 50 cm sampai 2 meter, dengan kinerja terbaik dalam kondisi pencahayaan yang terang. Disarankan untuk menggunakan kamera beresolusi lebih tinggi dan algoritma yang lebih canggih untuk meningkatkan akurasi, serta melakukan pengujian lebih lanjut dalam berbagai kondisi lingkungan (Fuady et al., 2020).

Penelitian oleh Admiration & Teknik (2020) yang berjudul "Rancang Bangun Alat Bantu Tunanetra Berbasis Mikrokontroller ATMEGA 2560". Menggunakan metode pengembangan perangkat (*design and development*). Fokus penelitian ini adalah pada pengembangan alat bantu mobilitas yang tidak hanya mendeteksi rintangan tetapi juga genangan air. Hasil utamanya adalah sebuah alat yang mampu memberikan peringatan berupa getaran dan suara saat mendeteksi adanya genangan air. Kesimpulannya, alat berbasis mikrokontroler Atmega 2560 ini dapat meningkatkan mobilitas dan keselamatan penyandang tunanetra dengan mendeteksi rintangan, genangan air, dan memberikan informasi lokasi secara akurat (Admiration & Teknik, 2020).

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Tunanetra

Tunanetra adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kondisi seseorang yang mengalami gangguan atau hambatan pada indra penglihatannya. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI, 1989: p. 971), tunanetra diartikan sebagai "tidak dapat melihat." Dalam literatur berbahasa Inggris, istilah yang digunakan adalah visually handicapped atau visually impaired. Berdasarkan tingkat gangguan tersebut, tunanetra terbagi menjadi tiga kategori. Buta total (*total blind*), Tunanetra sedang (*partially sighted*) mengacu pada individu yang kehilangan sebagian kemampuan penglihatannya, dan individu yang masih memiliki sisa penglihatan (*low vision*). Untuk membantu mobilitasnya, tunanetra biasanya

menggunakan tongkat khusus berwarna putih dengan garis merah horizontal sebagai penanda. Karena fungsi penglihatan yang hilang atau berkurang, tunanetra cenderung memaksimalkan indra lainnya, seperti perabaan, penciuman, dan pendengaran. Banyak tunanetra yang mengembangkan kemampuan luar biasa di berbagai bidang, seperti musik atau ilmu pengetahuan. Namun, dalam kehidupan sehari-hari, masyarakat awam sering kali menganggap tunanetra identik dengan kebutaan total. Pemahaman ini didasarkan pada anggapan umum bahwa semua tunanetra tidak mampu melihat sama sekali. Secara etimologis, kata tuna berarti luka, rusak, kurang, atau tidak memiliki mata, sementara netra berarti mata atau penglihatan. Jadi, tunanetra berarti kondisi di mana mata mengalami kerusakan atau kehilangan fungsi penglihatan, baik sebagian maupun sepenuhnya (Farhan et al., 2020).

### **2.2.2 Tongkat Tunanetra Konvensional**

Tongkat tunanetra konvensional adalah tongkat lurus dan panjang yang paling umum digunakan sebagai alat bantu mobilitas bagi penyandang tunanetra. Sebagian besar tongkat ini merupakan jenis tongkat panjang yang dapat dilipat untuk memudahkan penyimpanan dan penggunaan. Secara umum, tongkat tunanetra terbuat dari satu batang tabung aluminium berongga dengan diameter luar 6 mm, radius 4 mm, dan kerapatan material sebesar  $103 \text{ kg/m}^3$ . Pegangan tongkat biasanya dilapisi material seperti pembungkus raket tenis dengan panjang sekitar 200 mm dari bagian atas tabung aluminium untuk memberikan kenyamanan genggaman. Bagian ujung bawah tongkat dilengkapi penutup plastik guna meningkatkan daya tahan terhadap gesekan. Tongkat ini diberi warna putih dan merah sebagai penanda identitas pengguna sebagai penyandang disabilitas, di mana warna merah biasanya terletak di bagian bawah area pegangan. Desainnya yang sederhana serta kemampuannya untuk dilipat membuat tongkat ini praktis digunakan. Tongkat putih, yang banyak digunakan oleh tunanetra, tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu mobilitas tetapi juga sebagai simbol penghormatan kepada mereka. Salah satu jenis tongkat putih yang umum adalah tongkat panjang, juga dikenal sebagai tongkat Hoover, dinamai dari Dr. Richard Hoover yang merancangnya. Tongkat ini dirancang untuk membantu pengguna mendeteksi objek di jalurnya dan dibuat

dengan panjang yang disesuaikan berdasarkan tinggi pengguna, yaitu mulai dari lantai hingga setinggi lengan. Jenis tongkat ini sering direkomendasikan karena keefektifannya dalam membantu mobilitas tunanetra (Sugawara & Nikaido, 2020).



Gambar 2.1 Tongkat Konvensional  
(sumber : (Sugawara & Nikaido, 2020))

### 2.2.3 Lintasan Pejalan Kaki

Lintasan pejalan kaki, atau yang lebih umum dikenal sebagai jalur pedestrian adalah elemen infrastruktur yang dirancang secara khusus untuk mewadahi aktivitas pejalan kaki. Berfungsi bagi pejalan kaki untuk berpindah dari satu titik ke titik lainnya. Tujuan utamanya adalah untuk menciptakan sebuah lingkungan yang aman, nyaman, dan mudah diakses oleh seluruh pejalan kaki, termasuk individu dengan disabilitas. Sebagai bagian esensial dari ruang publik, jalur pedestrian harus memenuhi serangkaian prinsip dasar, yaitu keselamatan, kemudahan, kegunaan, dan kemandirian bagi semua penggunanya. Untuk mencapai prinsip-prinsip tersebut, perancangannya harus mengikuti standar teknis yang spesifik (Prahastuti & Setyowati, 2024).

1. **Permukaan Jalur:** Material yang digunakan harus kuat, stabil, tahan cuaca, dan memiliki tekstur yang tidak licin. Sambungan pada permukaan material tidak boleh memiliki celah atau beda ketinggian lebih dari 1,25 cm.
2. **Lebar Jalur:** Lebar minimum untuk jalur satu arah adalah 120 cm, sedangkan untuk jalur dua arah adalah 160 cm. Jalur ini harus dipastikan bebas dari segala bentuk hambatan, seperti pohon, tiang, atau perabot jalan lainnya.
3. **Tepi Pengaman (*Low Curb*)** sebagai pelindung, terutama bagi penyandang tunanetra, tepi pengaman atau kanstin diperlukan di sepanjang jalur yang

berbatasan dengan area berisiko tinggi. Tepi pengaman ini harus memiliki ketinggian minimal 10 cm dan lebar minimal 15 cm.

Aspek fundamental lainnya dalam perancangan jalur pedestrian adalah penyediaan aksesibilitas bagi penyandang tunanetra melalui jalur pemandu (guiding blocks). Jalur ini menggunakan ubin bertekstur khusus untuk memberikan petunjuk arah dan peringatan sehingga mereka dapat bergerak secara mandiri dan aman.

1. Ubin Pengarah: Memiliki tekstur pola garis-garis lurus yang berfungsi untuk mengarahkan perjalanan yang lurus.
2. Ubin Peringatan: Memiliki tekstur pola bulat (titik) yang berfungsi sebagai peringatan akan adanya perubahan situasi, seperti belokan, persimpangan, tangga, atau akhir jalur.

#### **2.2.4 Internet Of Things (IoT)**

*Internet of Things* (IoT) merujuk pada interkoneksi antara berbagai objek melalui jaringan internet, memungkinkan perangkat saling berkomunikasi dan menjalankan fungsi secara otomatis tanpa memerlukan interaksi langsung dari manusia. IoT berfungsi untuk mengumpulkan data dari perangkat yang terhubung ke internet, mengolahnya menjadi informasi, dan mentransfer data tersebut untuk memberikan perintah atau kontrol pada perangkat tertentu. Contohnya termasuk peralatan elektronik yang dilengkapi dengan sensor dan dapat terhubung ke internet. Salah satu manfaat utama IoT adalah meningkatkan efisiensi dengan mempermudah konektivitas dan memungkinkan pekerjaan yang biasanya membutuhkan kehadiran fisik untuk dilakukan dari jarak jauh. Hal ini menjadikan berbagai aktivitas lebih praktis dan hemat waktu (Tri et al., 2023).

#### **2.2.5 Telegram**

Telegram merupakan aplikasi perpesanan instan yang menonjol dalam hal kecepatan pengiriman dan tingkat keamanan data. Aplikasi ini bersifat gratis dan dapat diakses di berbagai perangkat seperti smartphone, tablet, maupun komputer. Salah satu fitur unggulan Telegram adalah kemampuannya untuk mengoperasikan bot otomatis, yang dapat menerima dan membalas pesan secara instan. Fitur ini sangat berguna untuk sistem pemantauan atau kendali jarak jauh berbasis *Internet*.

*of Things* (IoT). Dalam pengembangan sistem pelacakan berbasis GPS, Telegram dapat dimanfaatkan sebagai antarmuka pengguna untuk mengirimkan perintah dan menerima informasi secara real-time (Fatoni & Adiananda, 2021).



Gambar 2.2 Aplikasi Telegram  
(sumber : (Fatoni & Adiananda, 2021))

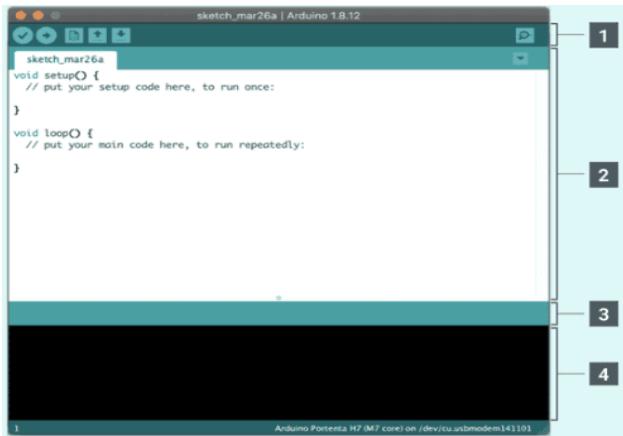
### 2.2.6 Arduino IDE

Arduino IDE adalah platform pengembangan yang mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak untuk menciptakan berbagai aplikasi elektronik. Platform ini menggunakan perangkat lunak bernama Arduino IDE, yang memungkinkan pengguna menulis program menggunakan bahasa pemrograman berbasis kombinasi C++ dan Java, dikenal sebagai *Processing*. Program yang dibuat dapat diunggah ke perangkat keras Arduino. Arduino IDE kompatibel dengan berbagai sistem operasi, seperti Linux, Mac OS, dan Windows. Arduino tidak hanya berupa perangkat keras, tetapi juga mencakup bahasa pemrograman dan lingkungan pengembangan terpadu (*Integrated Development Environment/IDE*) yang dirancang untuk mempermudah proses pengembangan.

IDE Arduino terdiri dari tiga bagian utama:

1. Editor Program: Berfungsi untuk menulis dan mengedit program menggunakan bahasa *processing*, kode yang di tulis arduino disebut sketch.
2. Compiler: Mengubah kode dalam bahasa *Processing* menjadi kode biner yang dapat dipahami mikrokontroler.
3. Uploader: Untuk memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler.

Dengan struktur ini, Arduino menawarkan kemudahan bagi pemula maupun profesional dalam mengembangkan berbagai proyek elektronik (Nur Alfan & Ramadhan, 2022).



Gambar 2.3 Software Arduino IDE

(sumber : (Aljundi, 2024))

### 2.2.7 ESP-32 DEV MODULE

ESP-32 DEV MODULE merupakan mikrokontroler generasi terbaru yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* sebagai penerus dari seri sebelumnya, yaitu ESP8266. Salah satu keunggulan utama ESP-32 adalah telah terintegrasi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth dalam satu chip, menjadikannya sangat ideal untuk proyek berbasis *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler ini memiliki arsitektur dual-core Xtensa LX6 yang mampu beroperasi dengan kecepatan hingga 160 MHz. Selain itu, ESP-32 DEV MODULE menyediakan GPIO yang sangat banyak, dengan kemampuan ADC (*Analog to Digital Converter*) dan DAC (*Digital to Analog Converter*), menjadikannya fleksibel untuk berbagai keperluan, mulai dari pembacaan sensor, pengendalian aktuator, hingga komunikasi data. Pada proyek seperti sistem pelacakan lokasi, ESP-32 dapat dikombinasikan dengan modul GPS dan platform komunikasi seperti Telegram atau *Firebase* untuk mengirimkan data secara real-time ke smartphone pengguna. Selain itu, ESP-32 juga cocok untuk mengendalikan perangkat melalui aplikasi berbasis cloud atau bot otomatis (Imran & Rasul, 2020).



Gambar 2.4 ESP-32 DEV MODULE

(sumber :(Imran & Rasul, 2020))

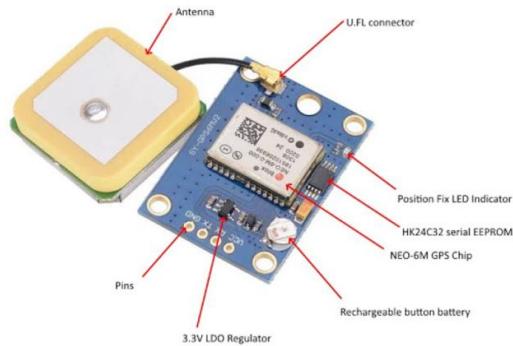
Tabel 2.1 ESP-32 DEV MODULE

Fitur	Spesifikasi
CPU	Xtensa LX6, 160 MHz
Tegangan input	3.0V-3.3V
Batas tegangan input	3.6V
Pin digital I/O	34 GPIO
Pin analog input	18 channel ADC (12-bit resolusi)
Arus DC per I/O Pin	12 mA
Arus DC untuk Pin 3.3v	500 mA
Flash memory	16 MB
SRAM	520 kB
EEPROM	1 KB (Atmega328)
Clock speed	160 MHz
Dimensi	25.5 mm x 18 mm
Tegangan operasi	3.3V

Sumber : Imran & Rasul (2020)

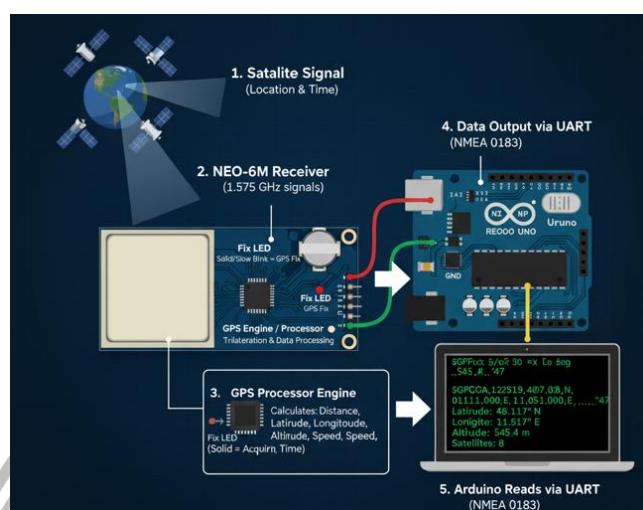
## 2.2.8 Modul GPS Ublox Neo-6m

GPS adalah sistem navigasi berbasis satelit yang digunakan untuk menentukan posisi geografis. Modul GPS Neo-6M merupakan perangkat tambahan yang berperan sebagai penerima sinyal GPS, memungkinkan deteksi dan penerimaan sinyal dari satelit navigasi. Modul ini memiliki berbagai aplikasi, seperti sistem navigasi, pengumpulan data dari perangkat bergerak, pelacakan lokasi, dan lainnya. Modul GPS Neo-6M dilengkapi dengan 4 pin, yaitu: Pin GND yang berfungsi sebagai ground untuk sumber tegangan, Pin VCC sebagai port untuk memasok tegangan sumber ke modul, serta Pin TX (*transmitter*) dan RX (*receiver*) yang digunakan dalam komunikasi serial (Ahmad Angga Putra Pradana, 2023).



Gambar 2.5 Modul GPS Ublox Neo-6m

(sumber : Prastyo, 2022)



Gambar 2.6 Gambar Cara Kerja GPS Ublox Neo-6m

Pada gambar diatas menjelaskan Secara sederhana, bagaimana modul GPS menemukan lokasi Anda dengan cara mencari satu titik di mana sinyal dari beberapa satelit bertemu secara bersamaan. prinsip dasar cara kerja GPS yang disebut trilaterasi.

1. Satelit Mengirim Sinyal: Beberapa satelit GPS yang mengorbit di luar angkasa (seperti Satellite 1, 3, dan 4) secara terus-menerus memancarkan sinyal radio ke Bumi. Sinyal ini berisi informasi lokasi satelit dan waktu pengiriman yang sangat presisi.
2. Modul GPS Menerima Sinyal: Modul GPS di darat (diilustrasikan sebagai modul Ublox) menerima sinyal-sinyal ini. Dengan mengukur berapa lama waktu yang dibutuhkan sinyal untuk sampai, modul dapat menghitung jaraknya dari setiap

satelit.3. Penerimaan Sinyal: Modul GPS di darat (seperti NEO-6M) menerima sinyal-sinyal ini. Karena sinyal radio bergerak dengan kecepatan cahaya yang konstan, modul dapat mengukur berapa lama waktu yang dibutuhkan sinyal untuk sampai dari satelit ke modul.

### 3. Penentuan Lokasi:

- a) Dengan mengetahui jarak dari satu satelit, posisi Anda bisa berada di mana saja dalam area jangkauan sinyal berbentuk bola (*Signal Range*).
- b) Dengan tiga satelit, ketiga area jangkauan tersebut akan berpotongan di satu titik unik di permukaan Bumi. Titik inilah yang menjadi lokasi presisi Anda (*Your Location*).
- c) Sinyal dari satelit keempat diperlukan untuk mengonfirmasi titik ini dan menyinkronkan waktu, sehingga menghasilkan data lokasi dan ketinggian yang akurat.

Secara singkat, modul Ublox NEO-6M adalah sebuah penerima (*receiver*) yang menangkap sinyal dari satelit-satelit GPS, lalu mengolah informasi tersebut untuk menghitung lokasi geografisnya (lintang dan bujur) secara akurat, dan kemudian mengirimkan data lokasi tersebut ke perangkat lain (seperti Arduino atau Raspberry Pi) melalui komunikasi serial.

Tabel 2.2 Modul GPS Ublox Neo-6m

Fitur	Spesifikasi
Chip GPS	Ublox Neo-6M
Tingkat Sensitivitas	-161 dBm
Tingkat Pembaruan	1 Hz (dapat dikonfigurasi hingga 5 Hz)
Akurasi Posisi	Horizontal 2,5 meter
Protokol Komunikasi	NMEA, Ublox Binary Protokol, RTCM
<i>Baud Rate Default</i>	9600 bps (mendukung 4800-230400 bps)
Tegangan Operasi	2,7-3,6 V
Konsumsi Daya	45 mA dalam operasi normal (11 mA dalam mode hemat daya)
Waktu Akuisi	Cold start: 27 detik; Hot start: 1 detik
Indikator LED	Menunjukkan status Position Fix (berkedip setiap 1 detik saat posisi telah diperbaiki)



Fitur	Spesifikasi
Antena	Antena patch bawaan dengan konektivitas U.FL untuk antena eksternal opsional
EEPROM	Kapasitas 4 Kb, terhubung melalui 12C
Baterai	Baterai isi ulang untuk mempertahankan data konfigurasi hingga dua minggu tanpa daya
Suhu Operasional	-40 °C hingga 85 °C
Jumlah Satelit yang dilacak	Hingga 22 satelit

Sumber : Suryana (2021)

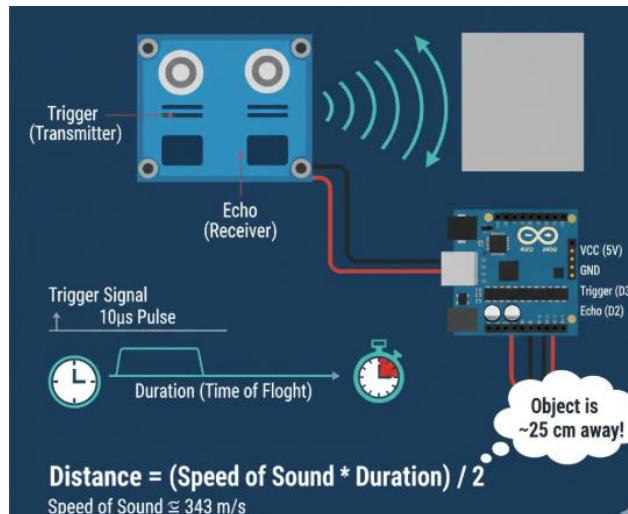
### 2.2.9 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah perangkat elektronik yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi gelombang ultrasonik, serta sebaliknya. Sensor ini memiliki dua komponen utama pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Pemancar menghasilkan gelombang ultrasonik melalui frekuensi di atas 20.000 Hz dengan menggunakan transduser piezoelektrik yang diaktifkan oleh rangkaian osilator. Transduser ini mengubah energi listrik menjadi efek mekanik berupa gelombang ultrasonik. Sebaliknya, penerima menangkap gelombang ultrasonik yang dipantulkan, mengubah tekanan mekanik kembali menjadi sinyal listrik menggunakan transduser yang sama. Model sensor HC-SR04 memiliki empat pin utama, Vcc dan GND untuk sumber daya, serta Trigger untuk memancarkan sinyal dan Echo untuk menerima pantulan gelombang. Sensor ini bekerja dengan menghitung waktu antara pemancaran dan penerimaan sinyal ultrasonik untuk menentukan jarak suatu objek. Dengan frekuensi kerja 40 kHz, HC-SR04 dapat mendeteksi objek pada jarak 2 cm hingga 4 meter dan memiliki sudut deteksi sebesar 10-15° (Zubaidah, 2019).



Gambar 2.7 Ultrasonik HC-SR04

(sumber : Zubaidah, 2019)



Gambar 2.8 Gambar Cara Kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pada gambar diatas menjelaskan Secara sederhana cara kerja sensor ultrasonik HC-SR04, sensor bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara untuk mengukur jarak suatu objek. Ketika pin Trigger sensor diberi pulsa pendek (misalnya 10 mikrodetik), sensor akan memancarkan delapan siklus gelombang suara ultrasonik (tak terdengar oleh telinga manusia) pada frekuensi sekitar 40 kHz. Gelombang suara ini akan merambat di udara, mengenai objek di depannya, dan kemudian memantul kembali ke arah sensor. Pin Echo pada sensor kemudian akan aktif dan tetap dalam kondisi *HIGH* selama gelombang pantulan tersebut diterima. Dengan mengukur durasi waktu (*duration*) antara saat gelombang dipancarkan (*Trigger HIGH*) hingga gelombang pantulan diterima (*Echo HIGH*), mikrokontroler dapat menghitung jarak objek menggunakan rumus sederhana:  $\text{Jarak} = (\text{Kecepatan Suara di Udara} * \text{duration}) / 2$ . Pembagian dua diperlukan karena waktu yang diukur adalah waktu bolak-balik (pergi dan pulang).

Tabel 2.3 Ultrasonik HC-SR04

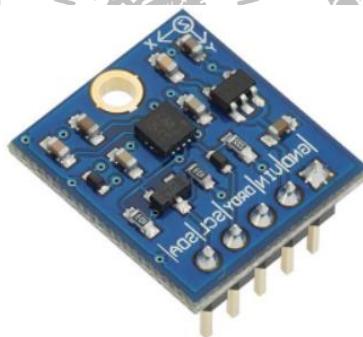
Fitur	Spesifikasi
Tegangan Operasi	DC 5V
Arus Operasi	15mA
Frekuensi Kerja	40 KHz
Jarak Pengukuran	2 cm – 400 cm
Akurasi Pengukuran	±3 mm
Sudut Deteksi	10 - 15°
Dimensi	45 x 20 x 15 mm

Fitur	Spesifikasi
Sinyal Input Trigger	Pulsa TTL dengan durasi 10 $\mu$ s
Sinyal Output Echo	Durasi pulsa proporsional jarak

sumber : Zubaidah (2019)

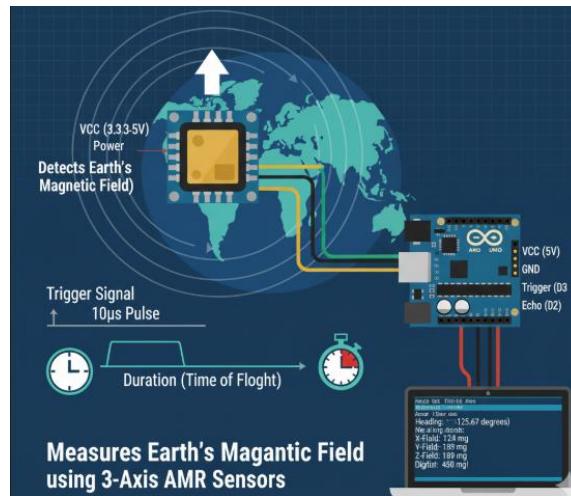
### 2.2.10 Sensor HMC5883L

Sensor HMC5883L adalah salah satu jenis sensor magnetometer digital yang berfungsi sebagai kompas elektronik. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi medan magnet bumi untuk menentukan arah, mirip seperti prinsip kerja kompas analog tradisional. Dalam implementasinya, HMC5883L dapat membaca arah utara, timur, selatan, dan barat berdasarkan data vektor medan magnet pada tiga sumbu (X, Y, dan Z). Sensor ini dirancang oleh Honeywell dan mampu beroperasi dengan tegangan antara 3 hingga 6 volt, serta menggunakan komunikasi I2C, sehingga memudahkan integrasi dengan berbagai mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32. Kemampuan pembacaan sensor ini mencapai resolusi 12-bit ADC dengan rentang deteksi medan magnet dari -8 hingga +8 Gauss, menjadikannya akurat untuk sistem navigasi sederhana seperti robot beroda atau perangkat bantu arah lainnya (Fitriyah et al., 2020).



Gambar 2.9 Sensor HMC5883L

(sumber : (Fitriyah et al., 2020))



Gambar 2. 10 Gambar Cara Kerja Sensor HMC5883L

Pada gambar diatas menjelaskan Secara sederhana cara kerja sensor magnetik digital HMC5883L berfungsi sebagai kompas elektronik tiga sumbu dengan mendeteksi kekuatan medan magnet di sekitarnya. Di dalamnya terdapat tiga elemen sensor magnetis yang disebut magnetoresistor anisotropik (AMR) yang sensitif terhadap perubahan medan magnet. Ketika medan magnet eksternal (termasuk medan magnet bumi) melewati sensor, resistansi pada elemen AMR akan berubah secara proporsional dengan arah dan kekuatan medan magnet tersebut. Perubahan resistansi ini kemudian diubah menjadi sinyal digital oleh rangkaian internal sensor, yang kemudian diproses dan dikirimkan ke mikrokontroler (misalnya Arduino) melalui antarmuka komunikasi I2C. Dengan membaca nilai kekuatan medan magnet pada sumbu X, Y, dan Z, mikrokontroler dapat menghitung arah orientasi sensor relatif terhadap kutub magnet bumi, sehingga dapat menentukan arah kompas (heading) secara digital.

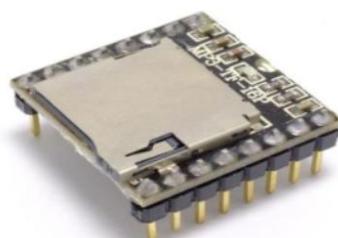
Tabel 2.4 Sensor HMC5883L

Fitur	Spesifikasi
Dimensi	13 mm x 18 mm
Komunikasi	I2C
Tegangan Operasi	3.0V – 6V
Resolusi ADC	12-bit
Konsumsi Daya	100 µA
Jumlah Sumbu Pengukuran	3 (X, Y, Z)
Protokol Komunikasi	I2C Address: 0x1E

Sumber : (Fitriyah et al., 2020)

### 2.2.11 Modul DFplayer Mini

DFPlayer Mini adalah modul pemutar musik berukuran kecil yang mendukung berbagai format audio seperti MP3 dan WAV. Modul ini menggunakan dekoding perangkat keras untuk file audio MP3 dan WMV, dengan dukungan sistem file FAT16 dan FAT32. Salah satu fitur unggulannya adalah kemampuannya untuk bekerja secara mandiri dengan menambahkan baterai, speaker, dan tombol, sehingga modul ini dapat digunakan tanpa mikrokontroler tambahan. Namun, jika diperlukan, DFPlayer Mini dapat dikontrol menggunakan port serial (UART) dan kompatibel dengan mikrokontroler seperti Arduino dan NodeMCU. Selain itu, modul ini dirancang untuk kemudahan penggunaan, memungkinkan pengguna mengirimkan perintah sederhana melalui serial untuk memutar, menghentikan, atau mengatur mode pemutaran musik. Kemampuan ini menjadikannya pilihan yang fleksibel untuk berbagai aplikasi audio interaktif, termasuk proyek IoT, perangkat pintar, dan alat bantu berbasis suara (Sekampung & Kementerian, 2022).



Gambar 2.11 Modul DFplayer Mini  
(sumber : Sekampung & Kementerian, 2022)

Tabel 2.5 Modul DFplayer Mini

Fitur	Spesifikasi
Format Audio	MP3, WAV
Dekoding Hardware	MP3, WMV
Sistem File Yang Didukung	FAT16, FAT32
Kapasitas MicroSD	Hingga 32GB
Antarmuka	Serial UART (TX, RX)
Pin Output	16 Pin header standar di kedua sisi modul
Kompatibilitas	Arduino, NodeMCU, dan mikrokontroler lain
Dimensi	Kecil dan portabel, cocok untuk berbagai aplikasi

Sumber : Sekampung & Kementerian (2022)

### **2.2.12 Speaker**

Speaker adalah perangkat keras yang berfungsi sebagai transduser audio, yaitu alat yang mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara yang dapat didengar. Proses ini dilakukan melalui getaran membran yang digerakkan oleh kumparan dan magnet. Saat sinyal listrik mengalir melalui kumparan, gaya elektromagnetik mendorong membran untuk bergerak maju dan mundur, menghasilkan gelombang suara. Speaker biasanya digunakan dalam perangkat elektronik seperti pemutar musik, alarm, atau sistem suara lainnya. Dengan desain yang fleksibel, speaker dapat menghasilkan suara yang bervariasi tergantung pada ukuran membran, daya listrik yang diterima, dan rentang frekuensinya. Dalam konteks perangkat seperti tongkat tunanetra, speaker digunakan untuk memberikan umpan balik suara kepada pengguna sebagai alat bantu navigasi dan deteksi (Sekampung & Kementerian, 2022).



**Gambar 2.12 Speaker**

(sumber : Sekampung & Kementerian, 2022)

**Tabel 2.6 Speaker**

Fitur	Spesifikasi
Impedansi	$8 \Omega \pm 20\%$
Daya Input Nominal	0.25W
Daya Input Maksimum	0.5W
Resonansi Frekuensi	$680 \text{ Hz} \pm 20\%$
Rentang Frekuensi	600 Hz – 10 kHz
Dimensi	Diameter 28 mm, Tinggi 4.5 mm
Berat	6 gram
Material	Membran dari plastik atau logam
Suhu Operasi	-20°C hingga 55°C

Sumber : Sekampung & Kementerian (2022)

### 2.2.13 Catu Daya

Baterai Lithium-Ion (Li-ion) merupakan jenis baterai sekunder, yaitu baterai yang dapat diisi ulang berkali-kali. Li-ion telah menjadi pilihan utama sebagai sumber daya berbagai perangkat elektronik karena keunggulannya dalam kepadatan energi, ringan, efisiensi tinggi, dan siklus hidup yang panjang. Keunggulan ini menjadikan baterai Li-ion digunakan secara luas pada ponsel, laptop, kamera digital, kendaraan listrik, hingga sistem monitoring berbasis mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32 (Perdana, 2021).



Gambar 2.13 Baterai 9V

Tabel 2.7 Baterai 9V

Fitur	Spesifikasi
Model	Li-ion Rechargeable
Kapasitas	6800mAh
Tegangan Input	5V DC (melalui port USB Type-C)
Tegangan Output	7.4V – 8.4V
Waktu Pengisian	1.5 – 2 jam (dengan charger 5V 1A)
Dimensi	48 mm × 26 mm × 17 mm
Berat	40 gram
Fitur Tambahan	Port Tipe-C untuk pengisian langsung (tanpa charger eksternal), Indikator LED saat charging, Proteksi internal (PCM) untuk overcharge, overdischarge, dan short-circuit dan dapat diisi ulang.