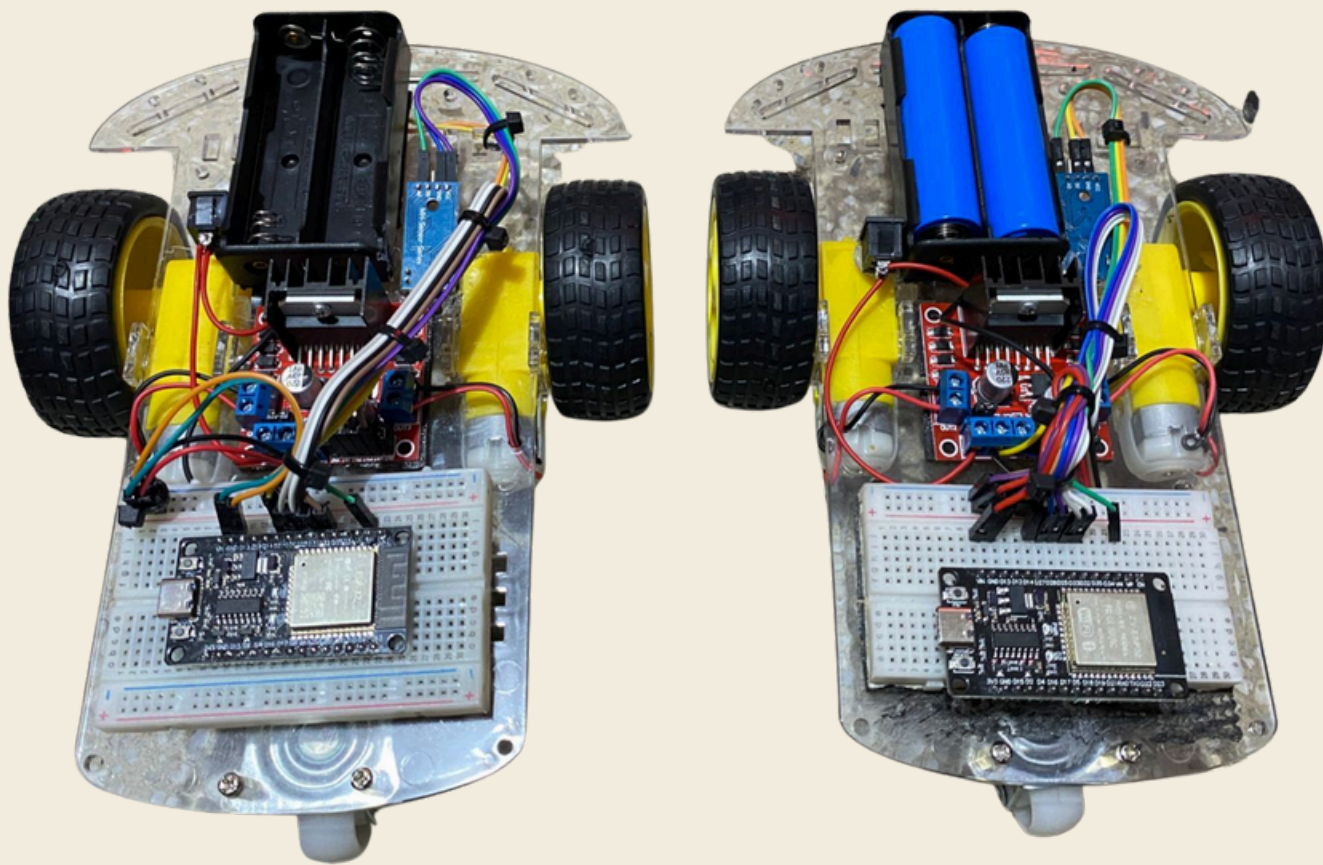




BUKU PANDUAN

Pengembangan Alat Peraga Praktikum Efek Doppler Menggunakan Modul Mic INMP441 dan ESP32



Disusun Oleh Kelompok 1:

- 1. Selvia Lestari 2413022009**
- 2. Ricky Eka Setya 2413022011**
- 3. Desi Amelia 2413022019**
- 4. Muthi Shalehah 2413022043**



PENDAHULUAN

Efek Doppler merupakan fenomena perubahan frekuensi gelombang bunyi yang diterima pengamat akibat adanya gerak relatif antara sumber bunyi dan pengamat. Materi ini dipelajari pada perkuliahan Fisika Dasar dan Gelombang Bunyi, namun sering dianggap sulit dipahami karena bersifat abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung.

Untuk mendukung pembelajaran berbasis praktikum dan pemanfaatan teknologi sesuai dengan Kurikulum Merdeka, dikembangkan alat peraga praktikum efek Doppler berbasis mikrokontroler. Alat ini menggunakan dua unit kit car berbasis ESP32 yang dilengkapi modul mikrofon digital INMP441, motor DC, dan sistem catu daya baterai. Pergerakan relatif antar kit car memungkinkan terjadinya efek Doppler yang dapat diamati melalui perubahan frekuensi bunyi secara real-time.

Buku panduan ini disusun sebagai pedoman bagi mahasiswa semester 3 dalam melaksanakan praktikum efek Doppler secara sistematis dan aman. Panduan ini memuat informasi mengenai tujuan praktikum, prinsip kerja alat, serta langkah-langkah pengambilan data, sehingga diharapkan dapat membantu mahasiswa memahami konsep efek Doppler secara lebih konkret dan aplikatif.

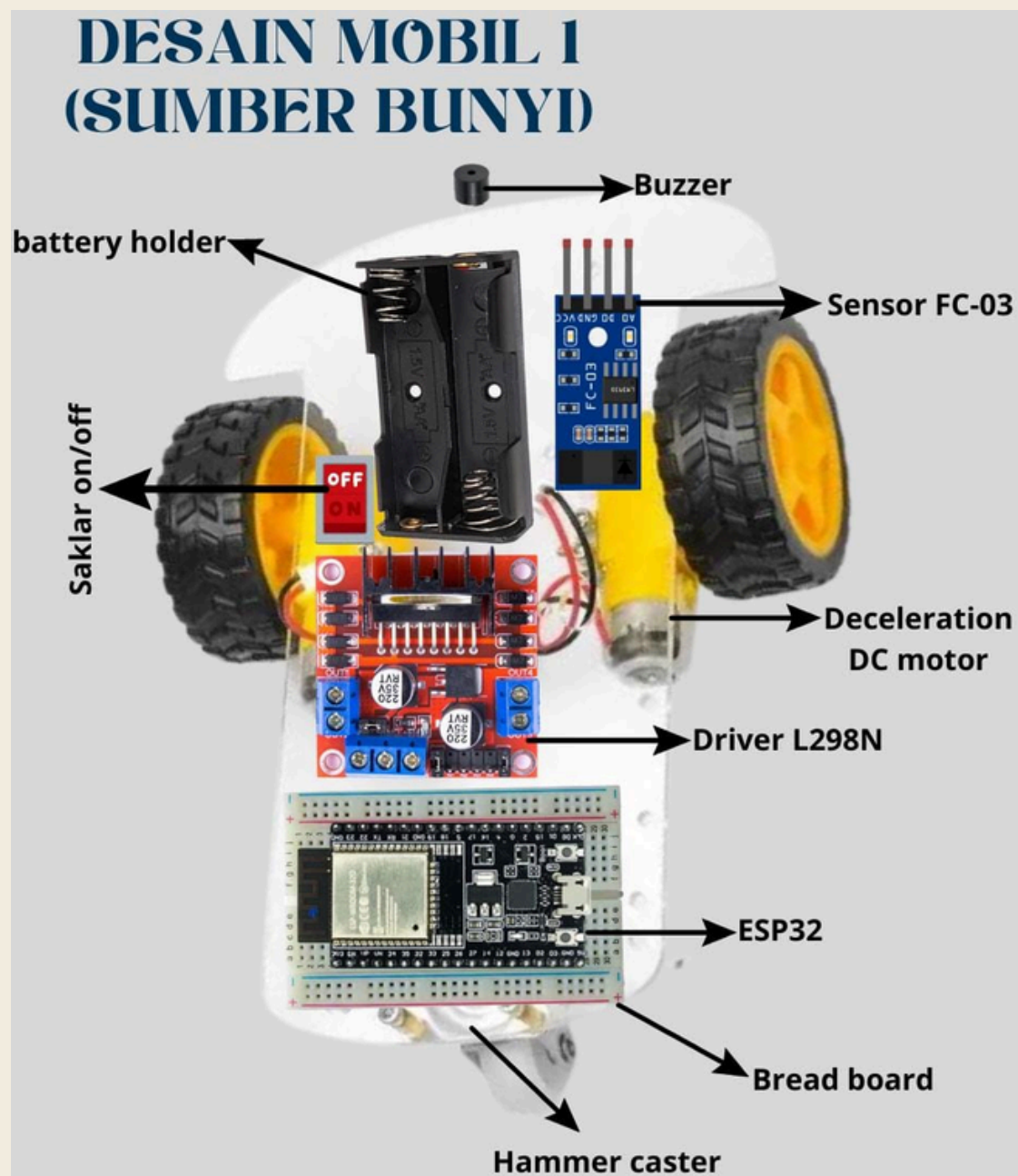
PRINSIP KERJA ALAT PERAGA

Alat peraga praktikum efek Doppler ini bekerja berdasarkan perubahan frekuensi bunyi yang diterima pengamat akibat gerak relatif antara sumber bunyi dan pengamat. Alat terdiri dari dua unit kit car berbasis ESP32, yaitu sebagai sumber bunyi dan sebagai pengamat, yang digerakkan menggunakan motor DC.

Sumber bunyi memancarkan gelombang bunyi dengan frekuensi tertentu. Ketika terjadi gerak relatif antara kedua kit car, gelombang bunyi yang diterima pengamat mengalami perubahan frekuensi. Perubahan frekuensi tersebut dideteksi oleh modul mikrofon digital INMP441 dan diproses oleh ESP32 menjadi data frekuensi.

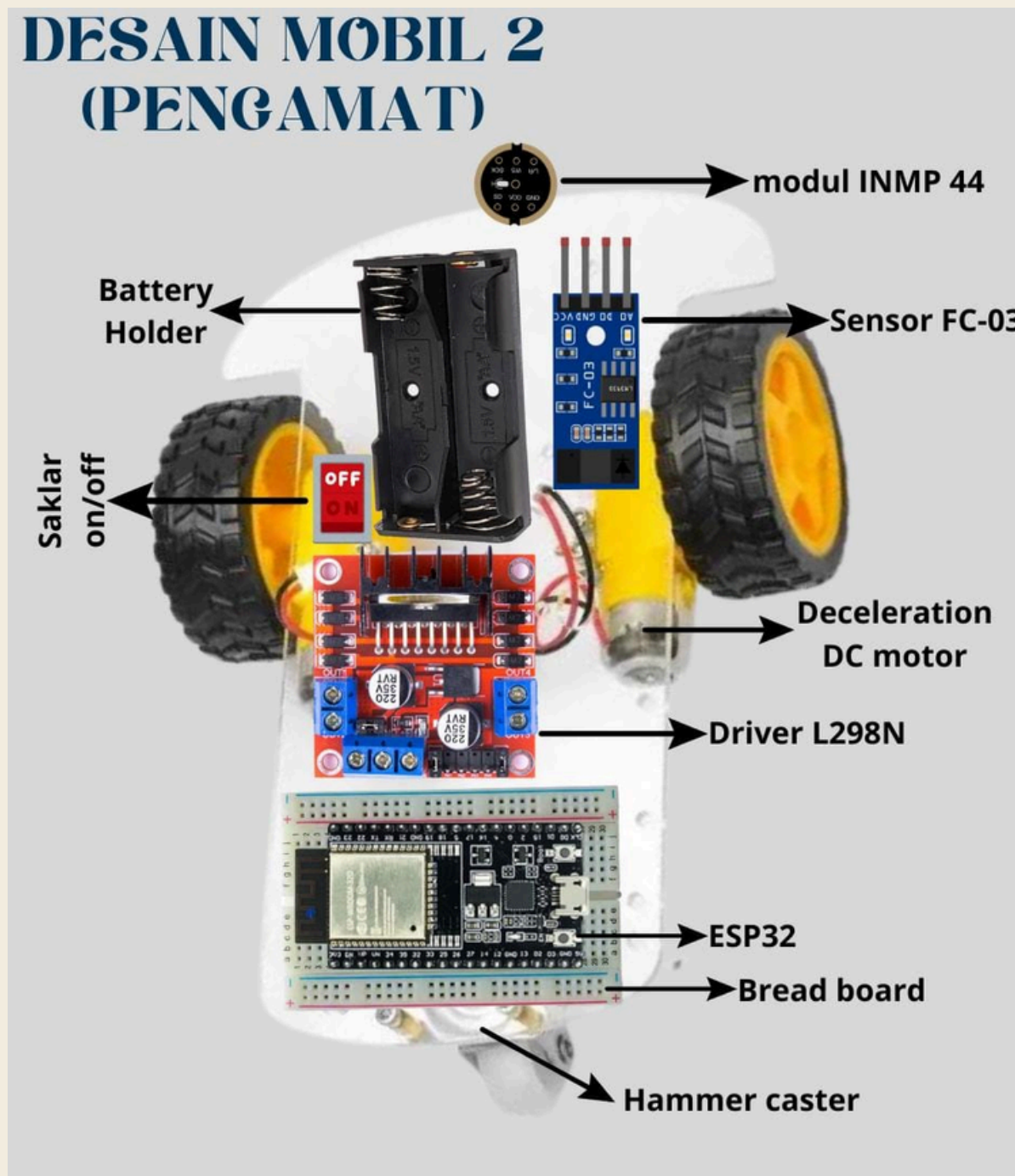
Data hasil pengukuran ditampilkan secara real-time sehingga fenomena efek Doppler dapat diamati secara langsung dan digunakan sebagai bahan analisis dalam kegiatan praktikum.

BAGIAN-BAGIAN ALAT PERAGA



- **ESP32**: Mengendalikan sistem dan menghasilkan sinyal bunyi.
- **Buzzer**: Menghasilkan bunyi sebagai sumber gelombang suara.
- **Sensor FC-03**: Sensor pendukung untuk mendeteksi bunyi.
- **Driver L298N**: Mengatur arah dan kecepatan motor DC.
- **Motor DC**: Menggerakkan mobil sumber bunyi.
- **Battery Holder**: Menyediakan sumber daya listrik.
- **Saklar ON/OFF**: Menghubungkan dan memutus aliran listrik.
- **Breadboard**: Tempat perakitan rangkaian elektronik.
- **Hammer Caster**: Menjaga kestabilan gerak mobil.
- **Roda dan Rangka**: Menopang komponen dan memungkinkan mobil bergerak.

BAGIAN-BAGIAN ALAT PERAGA



- **ESP32:** Mengolah data bunyi dan menampilkan hasil pengukuran frekuensi.
- **Modul INMP441:** Mendeteksi gelombang bunyi yang diterima pengamat.
- **Sensor FC-03:** Sensor pendukung untuk mendeteksi bunyi di sekitar alat.
- **Driver L298N:** Mengatur arah dan kecepatan motor DC.
- **Motor DC:** Menggerakkan mobil pengamat.
- **Battery Holder:** Menyediakan sumber daya listrik.
- **Saklar ON/OFF:** Menghubungkan dan memutus aliran listrik.
- **Breadboard:** Tempat perakitan rangkaian elektronik.
- **Hammer Caster:** Menjaga kestabilan arah gerak mobil.
- **Roda dan Rangka:** Menopang komponen dan memungkinkan mobil bergerak.

Langkah Kerja Praktikum Efek Doppler Menggunakan Mobil Kendali WiFi ESP32

Pada setiap percobaan, mobil yang bergerak dijalankan sepanjang lintasan lurus sejauh ± 3 meter dengan kecepatan yang dijaga konstan untuk memperoleh data yang stabil dan dapat dibandingkan.

1. Sumber Bunyi Bergerak Mendekat dan Pengamat Diam

Keterangan Percobaan:

Mobil sumber bunyi dijalankan mendekati mobil pengamat sejauh ± 3 meter, sedangkan mobil pengamat berada dalam keadaan diam.

Langkah Kerja:

- Hubungkan HP ke WiFi ESP32 pengamat dan pastikan tampilan pengukuran frekuensi serta bentuk gelombang aktif.
- Posisikan mobil pengamat diam di ujung lintasan.
- Hubungkan HP ke WiFi ESP32RCbuzzer, lalu atur frekuensi buzzer pada nilai tertentu (misalnya 1000 Hz).
- Jalankan mobil sumber bunyi mendekati pengamat sejauh ± 3 meter menggunakan tombol kendali (maju).
- Amati frekuensi yang diterima pengamat dan bentuk gelombang bunyi.
- Catat frekuensi sumber, frekuensi terukur, dan kondisi gerak.

2. Sumber Bunyi Bergerak Menjauh dan Pengamat Diam

Keterangan Percobaan:

Mobil sumber bunyi dijalankan menjauhi mobil pengamat sejauh ± 3 meter, sedangkan mobil pengamat tetap diam.

Langkah Kerja:

- Pastikan mobil pengamat tetap diam dan sistem pengukuran aktif.
- Hubungkan HP ke WiFi ESP32RCbuzzer dan atur frekuensi buzzer pada nilai yang sama seperti percobaan pertama.
- Jalankan mobil sumber bunyi menjauhi pengamat sejauh ± 3 meter menggunakan tombol kendali (mundur).
- Amati penurunan frekuensi dan perubahan bentuk gelombang pada mobil pengamat.
- Catat seluruh data hasil pengamatan.

Langkah Kerja Praktikum Efek Doppler Menggunakan Mobil Kendali WiFi ESP32

3. Sumber Bunyi Diam dan Pengamat Bergerak Mendekat

Keterangan Percobaan:

Mobil pengamat dijalankan mendekati mobil sumber bunyi sejauh ± 3 meter, sedangkan mobil sumber bunyi berada dalam keadaan diam.

Langkah Kerja:

- Atur mobil sumber bunyi diam dengan buzzer menyala pada frekuensi tertentu.
- Hubungkan HP ke WiFi ESP32 pengamat.
- Jalankan mobil pengamat mendekati sumber bunyi sejauh ± 3 meter menggunakan tombol kendali (maju).
- Amati peningkatan frekuensi terukur dan perubahan bentuk gelombang bunyi.
- Catat frekuensi sumber dan frekuensi terukur.

4. Sumber Bunyi Diam dan Pengamat Bergerak Menjauh

Keterangan Percobaan:

Mobil pengamat dijalankan menjauhi mobil sumber bunyi sejauh ± 3 meter, sedangkan mobil sumber bunyi tetap diam.

Langkah Kerja:

- Pastikan mobil sumber bunyi tetap diam dan buzzer menyala pada frekuensi tetap.
- Hubungkan HP ke WiFi ESP32 pengamat.
- Jalankan mobil pengamat menjauhi sumber bunyi sejauh ± 3 meter menggunakan tombol kendali (mundur).
- Amati penurunan frekuensi terukur dan bentuk gelombang yang semakin renggang.
- Catat seluruh hasil pengamatan.

Langkah Kerja Praktikum Efek Doppler Menggunakan Mobil Kendali WiFi ESP32

5. Sumber Bunyi Diam dan Pengamat Diam

Keterangan Percobaan:

Kedua mobil tidak bergerak, sehingga tidak terdapat gerak relatif, dan tidak terjadi Efek Doppler.

Langkah Kerja:

- Posisikan mobil sumber bunyi dan mobil pengamat diam dan saling berhadapan pada jarak awal lintasan.
- Atur frekuensi buzzer melalui WiFi ESP32RCbuzzer.
- Hubungkan HP ke WiFi ESP32 pengamat dan aktifkan tampilan pengukuran.
- Amati frekuensi bunyi dan bentuk gelombang yang terdeteksi.
- Catat data ini sebagai frekuensi acuan untuk membandingkan hasil keempat percobaan lainnya.

6. Sumber Bunyi dan Pengamat Bergerak Saling Mendekat

Keterangan Percobaan:

Mobil sumber bunyi dan mobil pengamat dijalankan secara bersamaan saling mendekat pada lintasan lurus sejauh ± 3 meter, sehingga terjadi gerak relatif maksimum antara sumber bunyi dan pengamat.

Langkah Kerja:

- Atur posisi awal mobil sumber bunyi dan mobil pengamat berada pada ujung lintasan yang berlawanan dengan jarak awal sekitar 3 meter.
- Hubungkan HP ke WiFi ESP32RCbuzzer dan atur frekuensi buzzer pada nilai tertentu (misalnya 1000 Hz).
- Hubungkan HP ke WiFi ESP32 pengamat dan pastikan tampilan pengukuran frekuensi serta bentuk gelombang aktif.
- Jalankan kedua mobil secara bersamaan menggunakan tombol kendali pada masing-masing web:

[Mobil sumber bunyi bergerak maju.](#)

[Mobil pengamat bergerak maju ke arah sumber bunyi.](#)

Langkah Kerja Praktikum Efek Doppler Menggunakan Mobil Kendali WiFi ESP32

- Biarkan kedua mobil bergerak saling mendekat sejauh ± 3 meter hingga berpapasan.
- Amati pada mobil pengamat:

Frekuensi bunyi yang diterima meningkat lebih besar dibandingkan percobaan ketika hanya salah satu mobil yang bergerak.

Bentuk gelombang bunyi tampak paling rapat.

- Catat:

Frekuensi sumber bunyi.

Frekuensi maksimum yang diterima pengamat.

Kondisi gerak kedua mobil.

- Gunakan data hasil pengamatan untuk dibandingkan dengan perhitungan teori Efek Doppler ketika sumber dan pengamat sama-sama bergerak mendekat.

CARA MENGHITUNG DATA

1. Hitung frekuensi yang diterima pengamat secara teoritis

Gunakan persamaan Efek Doppler untuk menghitung frekuensi yang seharusnya diterima oleh pengamat berdasarkan kondisi gerak sumber dan pengamat. Pastikan semua variabel seperti frekuensi sumber, kecepatan bunyi, kecepatan pengamat, dan kecepatan sumber dimasukkan dengan benar.

2. Bandingkan frekuensi

Buat perbandingan antara beberapa nilai frekuensi berikut:

Frekuensi buzzer (sumber bunyi): frekuensi asli yang dikeluarkan sumber.

Frekuensi terukur oleh pengamat: frekuensi yang dicatat oleh sensor atau mobil pengamat selama percobaan.

Frekuensi hasil perhitungan manual: frekuensi yang diperoleh melalui perhitungan manual menggunakan rumus Efek Doppler.

Perbandingan ini membantu mengevaluasi sejauh mana hasil pengukuran sesuai dengan teori.

CARA MENGHITUNG DATA

3. Hitung persentase error

Persentase error digunakan untuk mengetahui tingkat ketelitian pengukuran. Gunakan rumus:

$$\text{Error (\%)} = \frac{|f_{\text{ukur}} - f_{\text{teori}}|}{f_{\text{teori}}} \times 100\%$$

Di mana:

- f_{ukur} = frekuensi yang diperoleh dari pengukuran eksperimen
- f_{teori} = frekuensi yang dihitung secara teoritis

Persentase error ini memberikan gambaran perbedaan antara hasil eksperimen dan perhitungan teori.

4. Analisis penyebab error

Setelah menghitung persentase error, penting untuk menganalisis penyebab terjadinya ketidakakuratan data. Beberapa faktor yang umum memengaruhi hasil percobaan antara lain ketidakstabilan kecepatan mobil; jika kecepatan sumber atau pengamat tidak konstan, frekuensi yang diterima dapat berbeda dari perhitungan teoritis. Selain itu, gangguan lingkungan atau noise, seperti suara dari luar atau interferensi lain, juga dapat memengaruhi pengukuran frekuensi. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah sensitivitas mikrofon, karena keterbatasan kemampuan mikrofon dalam menangkap frekuensi tertentu dapat memengaruhi hasil pengukuran. Terakhir, keterbatasan sistem sampling ESP atau alat digital yang digunakan, seperti frekuensi sampling yang rendah atau adanya delay, dapat menyebabkan data menjadi kurang akurat.

KELEBIHAN ALAT PERAGA

1. Memvisualisasikan Efek Doppler Secara Nyata
 - Alat peraga mampu menunjukkan fenomena efek Doppler melalui perubahan frekuensi bunyi yang terukur akibat gerak relatif antara sumber bunyi dan pengamat.
2. Berbasis Teknologi Mikrokontroler
 - Penggunaan ESP32 dan modul mikrofon digital INMP441 memungkinkan pengolahan dan penampilan data frekuensi bunyi secara real-time.
3. Mendukung Praktikum Berbasis Eksperimen
 - Alat ini memungkinkan variasi arah dan kecepatan gerak sehingga mahasiswa dapat melakukan pengamatan dan analisis data secara langsung.
4. Meningkatkan Pemahaman Konsep
 - Data hasil pengukuran yang ditampilkan membantu mahasiswa mengaitkan konsep teoritis efek Doppler dengan hasil pengamatan praktikum.
5. Desain Portabel dan Mudah Digunakan
 - Alat peraga dirancang dalam bentuk kit car yang ringkas sehingga mudah dioperasikan dan dipindahkan dalam kegiatan praktikum.

KEKURANGAN ALAT PERAGA

Pengembangan alat peraga praktikum Efek Doppler ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil pengukuran. Keterbatasan pertama berkaitan dengan kecepatan gerak mobil yang tidak dapat dijaga konstan selama percobaan. Meskipun kecepatan mobil diupayakan relatif stabil, sistem pengendalian yang dilakukan secara manual melalui kendali nirkabel menyebabkan terjadinya fluktuasi kecepatan. Kondisi ini berpengaruh terhadap nilai frekuensi bunyi yang terdeteksi karena fenomena Efek Doppler sangat bergantung pada besar kecepatan relatif antara sumber bunyi dan pengamat.

KEKURANGAN ALAT PERAGA

Keterbatasan kedua adalah tidak digunakannya mobil Tamiya sebagai media gerak. Hal ini disebabkan oleh ukuran mobil Tamiya yang relatif kecil sehingga kurang mampu menopang dan menampung komponen elektronik seperti ESP-32, modul mikrofon INMP441, driver motor, baterai lithium, serta rangkaian pendukung lainnya secara stabil. Oleh karena itu, digunakan mobil dengan ukuran yang lebih besar meskipun karakteristik geraknya belum sepenuhnya ideal.

Keterbatasan berikutnya berkaitan dengan tidak digunakannya lintasan dengan pembatas sebagai jalur pergerakan mobil. Pada tahap uji coba awal, penggunaan pembatas lintasan justru menyebabkan mobil sering menabrak pembatas, sehingga arah gerak mobil menjadi tidak stabil dan kecepatan berubah secara tiba-tiba akibat benturan. Selain itu, gesekan antara ban mobil dan pembatas lintasan juga menghambat laju mobil dan menurunkan konsistensi kecepatan. Oleh karena itu, pembatas lintasan tidak digunakan untuk meminimalkan gangguan mekanis yang dapat memengaruhi hasil pengukuran.

Meskipun tidak menggunakan pembatas lintasan, arah gerak mobil tetap sulit dijaga agar selalu lurus. Ketidaksejajaran roda, perbedaan daya motor, serta kondisi permukaan lintasan menyebabkan mobil cenderung menyimpang dari lintasan lurus selama percobaan berlangsung. Penyimpangan arah ini berdampak pada perubahan jarak relatif antara sumber bunyi dan pengamat, sehingga memengaruhi ketelitian pengukuran frekuensi bunyi yang diterima.

Meskipun terdapat beberapa keterbatasan tersebut, alat peraga praktikum yang dikembangkan tetap mampu menunjukkan kecenderungan perubahan frekuensi bunyi yang sesuai dengan teori Efek Doppler. Oleh karena itu, alat ini masih layak digunakan sebagai media pembelajaran fisika, khususnya untuk membantu siswa SMA kelas XI dalam memahami konsep Efek Doppler melalui pengalaman praktikum secara langsung, dengan catatan bahwa keterbatasan ini perlu diperhatikan dalam pelaksanaan dan pengembangan alat lebih lanjut

**TERIMA KASIH
SUDAH MEMBACA**