

BAB 2 TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1. Model Pembelajaran *Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review* (MURDER)

Model pembelajaran MURDER (*Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review*) pertama kali dikenalkan oleh Dansereau dalam buku *The Complete Problem Solver* karya John R. Hayes. Dalam buku tersebut dijelaskan bahwa MURDER merupakan akronim dari enam tahapan dalam sistem belajar: *Mood* (suasana hati), *Understand* (pemahaman), *Recall* (mengingat kembali), *Digest* (menelaah), *Expand* (mengembangkan), dan *Review* (meninjau ulang) (Ningrum, 2024). Model ini dirancang untuk menciptakan suasana belajar yang lebih menyenangkan, menarik, dan nyaman bagi peserta didik (Subekti et al., 2022). Selama proses pembelajaran, guru secara aktif mengawasi dan mengarahkan peserta didik. Oleh karena itu, pembelajaran MURDER yaitu model digunakan untuk pembelajaran berbasis aktivitas peserta didik (Destiana et al., 2023). Strategi dan teknik pembelajaran bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhi keberhasilan pembelajaran tersebut. Emosional peserta didik menentukan keberhasilan pada saat pembelajaran. Guru yang menentukan dan bertanggung jawab untuk mendorong emosi peserta didik dengan cara yang positif sehingga peserta didik siap untuk belajar. Model pembelajaran yang efektif diperlukan agar proses pembelajaran dinilai berhasil dan membantu peserta didik mencapai tujuan mereka. Model *Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review* (MURDER) yaitu cara agar pembelajaran dapat berjalan lebih efektif (Olfa, 2020).

Salah satu upaya dalam peningkatan penguasaan peserta didik yaitu dengan menerapkan model pembelajaran MURDER (Siagian & Hasibuan, 2023). Sintaks *Mood* yaitu untuk menghindari rasa bosan di dalam kelas guru memberikan stimulus kepada peserta didik, *Understand* yaitu menandai bagian penting kemudian membuat rangkuman dengan menuliskan poin-poin penting atau dibuat dalam bentuk tabel yang berisi materi serta mencari informasi mengenai materi yang belum dimengerti, *Recall* yaitu mengingat kembali dengan mengulangi

materi, *Digest* mencari referensi dari sumber lainnya, *Expand* yaitu mempelajari materi dan rangkuman yang telah dibuat dan *Review* yaitu mempelajari kembali materi (Permadani & Untari, 2024). Model pembelajaran MURDER memberi kesempatan kepada peserta didik dalam mengungkapkan ide-ide yang telah mereka pelajari, menguji ide-ide tersebut, dan berbicara tentang ide-ide tersebut secara terbuka (Tegeh et al., 2021).

Pengaruh model MURDER pada pembelajaran yaitu pada sintaks *Mood* yaitu menciptakan suasana belajar yang positif dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik. Suasana hati yang baik membantu peserta didik lebih siap untuk belajar dan menerima materi baru (Sati, 2023). Sintaks *Understand* peserta didik didorong untuk memahami materi secara mendalam serta berkontribusi pada peningkatan kemampuan berpikir kritis dan pemahaman konsep dengan mencari informasi penting dari berbagai sumber (Dewi et al., 2024). Sintaks *Recall* yaitu mengulangi informasi yang telah dipelajari membantu peserta didik mengingat dan menginternalisasi konsep. Proses ini meningkatkan daya ingat jangka panjang peserta didik terhadap materi yang diajarkan (Ningrum, 2024). Sintaks *Digest* peserta didik diajak untuk menggali informasi lebih dalam, yang memungkinkan mereka untuk memahami konteks dan aplikasi dari apa yang telah dipelajari. Hal ini berkontribusi pada peningkatan pemahaman konsep dan kemampuan analisis (Sati, 2023). Sintaks *Expand* peserta didik dimotivasi untuk mengembangkan pengetahuan mereka dengan mencari informasi tambahan dan mengaitkan konsep baru dengan pengetahuan yang sudah ada (Dewi et al., 2024). Sintaks *Review* meninjau kembali materi yang telah dipelajari membantu memperkuat pemahaman dan mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki. Proses ini juga meningkatkan informasi dalam jangka panjang (Sati, 2023).

Berdasarkan pendapat yang telah dikemukakan di atas dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran MURDER bertujuan untuk mengembangkan sistem pembelajaran yang efektif. Model MURDER dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Tabel 2.1 merupakan sintaks atau tahapan model pembelajaran MURDER yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Aktivitas Pembelajaran MURDER

Sintaks Pembelajaran	Aktivitas Pembelajaran
<i>Mood</i> (suasana hati)	- Guru memberikan semangat mengenai makna dalam pembelajaran serta menciptakan suasana hati yang positif untuk peserta didik. - Guru memberikan stimulus yang berkaitan dengan pengalaman sehari-hari. - Guru membagi peserta didik pada kelompok kecil.
<i>Understand</i> (pemahaman)	- Guru menjelaskan garis besar materi, memberikan contoh soal serta membimbing diskusi peserta didik dalam merangkum informasi penting. - Peserta didik memahami materi yang diberikan serta mencari informasi lain dari berbagai sumber. Kemudian membuat rangkuman mengenai bagian penting dari materi dengan membuat catatan berbentuk tabel maupun poin-poin.
<i>Recall</i> (pengulangan)	- Guru mengarahkan peserta didik untuk mengingat kembali materi yang telah dipelajari untuk menyelesaikan persoalan. - Guru mengarahkan peserta didik untuk mengaitkan materi dengan fenomena pada kehidupan sehari-hari.
<i>Digest</i> (penelaahan)	- Guru membimbing peserta didik untuk menelaah materi dari berbagai sumber atau melakukan eksperimen kemudian mendiskusikan hasil dari diskusi kelompok.
<i>Expand</i> (pengembangan)	- Guru mengarahkan peserta didik untuk mengembangkan materi, menganalisis data dari hasil menelaah materi dari berbagai sumber atau mengolah hasil data

Sintaks Pembelajaran	Aktivitas Pembelajaran
	yang diperoleh dari hasil eksperimen. - Perwakilan setiap kelompok mempresentasikan hasil diskusi yang telah dilakukan dan kelompok lainnya menanggapi.
Review (mempelajari kembali)	- Guru serta peserta didik berkolaborasi untuk melakukan refleksi dan menarik kesimpulan dari hasil analisis data.

Adapun kelebihan dan kekurangan model *Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review* (MURDER). Kelebihan model pembelajaran *Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review* (MURDER) diantaranya menciptakan suasana pembelajaran menjadi menyenangkan, dapat memudahkan peserta didik dalam memahami materi serta peserta didik lebih aktif pada proses pembelajaran (Olfa, 2020). Selain itu, kekurangan model pembelajaran *Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review* (MURDER) diantaranya yaitu sulitnya dalam mengkondisikan peserta didik serta membutuhkan waktu yang relatif lama karena mencakup sintaks *Recall* (Lilawati et al., 2021).

Solusi yang dilakukan peneliti dalam mengatasi kekurangan model MURDER yaitu dalam mengkondisikan peserta didik yaitu dengan melakukan *game edukatif* yang diimplementasikan untuk menciptakan suasana kelas yang lebih dinamis dan interaktif. Aktivitas ini dapat membantu peserta didik untuk lebih fokus dan mengurangi kebosanan sebelum memulai pembelajaran inti, serta melakukan aktivitas kolaboratif sehingga mendorong peserta didik untuk bekerja dalam kelompok kecil dapat meningkatkan partisipasi mereka yang dapat membantu menciptakan lingkungan belajar yang lebih kondusif. Solusi untuk mengatasi waktu yang relatif lama karena sintaks *Recall* yaitu dengan memberikan contoh materi yang dikaitkan dengan fenomena yang ada dalam kehidupan sehari-hari sehingga peserta didik lebih cepat dalam memahami materi pembelajaran.

2.1.2 Keterampilan Pemecahan Masalah

Keterampilan pemecahan masalah merupakan tuntutan pendidikan khususnya pembelajaran fisika yang harus dikuasai oleh peserta didik, karena pada pembelajaran fisika terdapat masalah yang berkaitan pada fenomena alam yang harus dipecahkan (Silvianti et al., 2022). Saat ini, pembelajaran fisika di kelas lebih fokus pada penguasaan konsep daripada keterampilan pemecahan masalah, sehingga keterampilan peserta didik dalam memecahkan masalah dianggap rendah. Keterampilan pemecahan masalah sangat penting dalam pembelajaran fisika karena aktivitas pemecahan masalah dapat membantu peserta didik memperoleh pengetahuan baru dan membantu mereka memahami fisika dengan lebih baik (Ramadayanty et al., 2021). Keterampilan dasar berhitung dan keaksaraan harus dimiliki oleh semua orang yang berpendidikan. Keterampilan ini harus memungkinkan mereka berpikir rasional dan memecahkan masalah secara mandiri (Jayadi et al., 2020). Kesulitan peserta didik dalam memahami fisika, keterampilan pemecahan masalah belum diterapkan sepenuhnya kepada peserta didik (Ridho et al., 2020). Beberapa pendapat tersebut disimpulkan bahwa keterampilan pemecahan masalah yaitu proses pengambilan keputusan dengan menghubungkan pengetahuan sebelumnya dengan pengetahuan yang baru kemudian hasilnya yaitu menemukan solusi penyelesaian masalah yang sesuai untuk dipecahkan.

Indikator keterampilan pemecahan masalah dalam *Robust Assessment Instrument For Student Problem Solving* yang dikembangkan oleh Docktor & Heller, (2009) indikator keterampilan pemecahan masalah tersebut yaitu *Useful Description, Physics Approach, Specific Application of Physisc, Mathematical Procedures, Logical Progression*. Keterampilan pemecahan masalah berdasarkan indikator dari Docktor & Heller diantaranya yaitu memahami permasalahan, menggambarkan permasalahan dalam pendekatan fisika, merencanakan solusi dengan aplikasi fisika yang spesifik dan prosedur matematika, menyelesaikan permasalahan dan evaluasi (Wardani et al., 2021).

Berikut merupakan lima indikator keterampilan pemecahan masalah menurut Docktor & Heller yang disajikan pada Tabel 2.2 yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah

Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah	Keterangan
<i>Useful Description (UD)</i>	Deskripsi berguna menilai proses penyelesaian dalam mengorganisir informasi dari rumusan masalah diubah menjadi bentuk representasi yang relevan dan bermanfaat, yang merangkum informasi utama secara simbolik, visual, dan/atau tertulis.
<i>Physics Approach (PA)</i>	Pendekatan dalam fisika menekankan pada penilaian proses pemilihan konsep dan prinsip fisika yang tepat untuk digunakan dalam menyelesaikan suatu permasalahan.
<i>Specific Application of Physics (SAP)</i>	Penerapan fisika dalam konteks spesifik menilai bagaimana proses penyelesaian dilakukan melalui penggunaan konsep dan prinsip fisika pada situasi tertentu dalam suatu permasalahan. Proses ini sering melibatkan pengaitan antara objek dan besaran dalam soal dengan istilah yang sesuai dalam hubungan-hubungan fisika tertentu. Hal ini dapat mencakup perumusan definisi, hubungan antarbesaran, penentuan kondisi awal, serta identifikasi asumsi atau batasan yang relevan dalam penyelesaian masalah.
<i>Mathematical Procedures (MP)</i>	Prosedur matematis mengevaluasi langkah-langkah penyelesaian masalah melalui penerapan metode matematika yang tepat serta penerapan aturan-aturan matematis secara sistematis untuk memperoleh besaran yang dituju.
<i>Logical Progression (LP)</i>	Progresi logis menilai jalannya proses penyelesaian dengan melihat bagaimana penalaran dikomunikasikan secara runtut, menjaga fokus terhadap tujuan penyelesaian, serta melakukan evaluasi terhadap solusi agar tetap konsisten dan logis.

Sumber: (Docktor & Heller, 2009)

2.1.3 Keterkaitan Model Pembelajaran *Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review* (MURDER) dengan Keterampilan Pemecahan Masalah

Keterampilan pemecahan masalah merupakan keterampilan yang penting untuk dimiliki peserta didik. Keterampilan pemecahan masalah membantu peserta

didik untuk berpikir sehingga dapat menemukan solusi dari permasalahan yang diberikan. Pada proses pemecahan masalah secara ilmiah, unsur terpenting yaitu partisipasi aktif peserta didik. Model pembelajaran MURDER dapat membantu peserta didik dalam memecahkan permasalahan. Model pembelajaran MURDER menekankan pada peserta didik untuk aktif dan membangun pengetahuannya.

Model pembelajaran MURDER memiliki enam tahapan pembelajaran yakni *Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review*. Keenam sintaks ini secara positif dapat membantu meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada proses pembelajaran. Berdasarkan hasil sintesa peneliti, keterkaitan model pembelajaran MURDER dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah disajikan pada Tabel 2.3 yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. 3 Keterkaitan Model Pembelajaran MURDER dan Keterampilan Pemecahan Masalah

Sintaks Model MURDER	Kegiatan Pembelajaran	Tahapan Keterampilan Pemecahan Masalah
<i>Mood</i> (suasana hati)	- Guru memberikan semangat mengenai makna dalam pembelajaran serta menciptakan suasana hati yang positif untuk peserta didik. - Guru memberikan stimulus dengan memberikan permasalahan dengan cara bermain <i>game</i> edukatif. - Guru mengarahkan peserta didik untuk membuat hipotesis mengenai masalah yang ditemukan - Guru membagi peserta didik pada kelompok kecil	- Pada tahap ini, peserta didik mengolah informasi dasar tentang masalah untuk mempersiapkan mereka untuk tahap pembelajaran berikutnya. Keterampilan yang dibentuk peserta didik sesuai dengan indikator keterampilan pemecahan masalah yang bermanfaat penjelasan (<i>Useful Description</i>) - Pada tahap ini, peserta didik akan membuat hipotesis tentang masalah yang ditemukan dan diuji keterampilan mereka untuk menentukan prinsip dan konsep yang sesuai untuk menguji hipotesis. Ini mendorong peserta didik untuk memiliki pemahaman dan prinsip umum tentang konsep
<i>Understand</i> (pemahaman)	- Guru menjelaskan garis besar materi serta memberikan contoh soal serta membimbing	

Sintaks Model MURDER	Kegiatan Pembelajaran	Tahapan Keterampilan Pemecahan Masalah
	diskusi peserta didik dalam merangkum informasi penting. - Peserta didik memahami materi diberikan serta mencari informasi lain dari berbagai sumber. Kemudian membuat rangkuman mengenai bagian penting dari materi dengan membuat catatan berbentuk tabel maupun poin-poin.	fisika (<i>Physics Approach</i>) karena pada sintaks ini mendorong peserta didik untuk memiliki gagasan serta prinsip umum mengenai konsep fisika.
<i>Recall</i> (pengulangan)	- Guru mengarahkan peserta didik untuk mengingat kembali materi yang telah dipelajari mengenai resonansi dan pelayangan bunyi kemudian materi tersebut dikaitkan dengan memberikan contoh pada kehidupan sehari-hari	
<i>Digest</i> (penelaahan)	- Guru membimbing peserta didik untuk menelaah materi dari berbagai sumber atau melakukan praktikum kemudian mendiskusikan hasil dari pekerjaan kelompok - Guru membimbing peserta didik selama proses praktikum berlangsung.	- Peserta didik akan menemukan hal baru dan menggabungkannya dengan pengetahuan dasar yang mereka pelajari pada langkah sebelumnya yang khusus menggunakan prosedur fisika (<i>Specific Application of Physics</i>). - Langkah pembelajaran ini juga membantu mereka dalam melatih indikator keterampilan pemecahan masalah dengan prosedur matematika dan (<i>Mathematical Procedures</i>)
<i>Expand</i> (pengembangan)	- Guru membimbing peserta didik untuk mengolah hasil data yang diperoleh dari hasil praktikum. - Guru mengarahkan peserta didik untuk menganalisis data dari hasil praktikum.	- Indikator keterampilan pemecahan masalah dapat dilatih melalui interpretasi hasil data dan

Sintaks Model MURDER	Kegiatan Pembelajaran	Tahapan Keterampilan Pemecahan Masalah
	- Perwakilan setiap kelompok mempresentasikan hasil diskusi yang telah dilakukan dan kelompok lainnya menanggapi.	pembahasan. Sintaks ini merupakan komunikasi lengkap dari pola penalaran yang terorganisir. Pada titik ini, peserta didik menyamakan persepsi mereka dengan penguatan yang diberikan oleh guru atau kelompok lain dan memberikan tanggapan atas jawaban kelompok mereka, untuk memungkinkan peserta didik saling melengkapi dalam membuat penjelasan masalah yang terkait dengan pembelajaran fisika. Setelah melewati tahap sebelumnya, peserta didik berbicara tentang konsep fisika dan bagaimana menerapkan konsep tersebut pada prosedur matematis yang sesuai agar peserta didik dapat membuat kesimpulan yang masuk akal dari semua jawaban yang telah mereka terima sebelumnya.
<i>Review</i> (pelajari kembali)	- Guru serta peserta didik berkolaborasi untuk melakukan refleksi dan menarik kesimpulan dari hasil analisis data.	

2.1.4 Materi Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang dalam rambatnya terdiri dari rapatan dan regangan. Pada gelombang bunyi, yang merambat adalah energi, dimana pada batas-batas frekuensi tertentu dapat didengar oleh telinga. Rambatan energi yang melalui medium sampai di telinga sehingga dapat didengar oleh telinga manusia normal jika frekuensinya berada di daerah audiosonik, yaitu dari 20-20.000 Hz. Sementara itu, bunyi dengan frekuensi < 20 Hz disebut dengan infrasonik. Biasanya bunyi dengan jangkauan frekuensi tersebut dapat didengar oleh jangkrik dan gajah. Sedangkan bunyi dengan frekuensi $>$

20.000 Hz disebut ultrasonik yang biasanya dapat didengar oleh anjing, kelinci, lumba-lumba dan kelelawar.

a. Cepat Rambat Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi hanya dapat merambat jika terdapat medium perantara, seperti zat padat, cair, atau gas. Besar rambat bunyi pada masing-masing medium tidak sama, tergantung dengan medium yang dilaluinya. Rumus cepat rambat gelombang bunyi yaitu:

$$v = \lambda f \quad (2.1)$$

Dengan:

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

λ = panjang gelombang (m)

f = frekuensi (Hz)

1) Cepat rambat gelombang bunyi pada zat padat

Dalam medium padat, kecepatan rambat bunyi ditentukan melalui akar kuadrat dari perbandingan antara modulus elastisitas (E) dan massa jenis (ρ) material, yang dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.2)$$

Dengan:

E = modulus elastisitas (N/m^2)

ρ = massa jenis bahan (kg/m^3)

2) Cepat rambat gelombang bunyi pada benda cair

Ketika seseorang menyelam dan memukul kaleng di dalam air, suara pukulan tersebut masih dapat terdengar. Hal ini menunjukkan bahwa gelombang bunyi mampu merambat melalui medium cair. Dalam zat cair, kecepatan rambat bunyi dipengaruhi oleh modulus bulk (B) dan massa jenis (ρ) dari zat tersebut, sebagaimana dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2.3)$$

Dengan:

B = modulus bulk (N/m^2)

ρ = massa jenis bahan (kg/m^3)

Adapun modulus Bulk benda adalah Rasio antara tekanan yang diberikan pada suatu benda terhadap proporsi penyusutan volumenya.

3) Cepat rambat gelombang bunyi pada gas

Gelombang bunyi yang merambat dalam gas berbentuk gelombang longitudinal, yang ditandai dengan adanya daerah rapatan dan regangan partikel. Besar cepat rambat gelombang bunyi dalam gas menurut Newton dengan anggapan suhu gas tetap sehingga berlaku hukum Boyle yaitu:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \text{ atau } v = \sqrt{\frac{PV}{\rho}} \quad (2.4)$$

Dengan:

P = tekanan gas (N/m^2)

ρ = masa jenis gas (kg/m^3)

v = cepat rambat bunyi dalam gas (m/s)

V = volume gas (m^3)

m = massa gas (kg)

Namun, Persamaan 2.4 tidak sesuai dengan hasil percobaan. Besar cepat rambat gelombang bunyi dalam gas bergantung pada sifat-sifat kinetik gas ideal. Menurut Laplace, cepat rambat bunyi dalam gas dengan anggapan terjadinya proses adiabatik yaitu proses tidak terjadi perubahan kalor pada gas, namun terjadi perubahan suhu. Pada rapatan suhu gas naik, namun pada saat regangan suhu gas turun. Maka cepat rambat bunyi di dalam gas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$v = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}} \quad (2.5)$$

Karena $P = \frac{nRT}{V}$ dan $\rho = \frac{m}{V}$, $n = \frac{m}{m_m}$, maka persamaan menjadi

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{m_m}} \quad (2.6)$$

Dengan:

$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ = tetapan Laplace

R = tetapan gas umum ($8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$)

v = cepat rambat bunyi (m/s)

T = suhu mutlak (K)

m_m = massa molar (gram/mol)

Oleh karena itu, cepat rambat bunyi dalam gas tidak dipengaruhi oleh tekanan gas, tetapi dipengaruhi oleh jenis gas dan suhu. Cepat rambat bunyi berbanding lurus dengan suhu mutlak gas.

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad (2.7)$$

b. Sumber Bunyi

Sumber bunyi dalam musik bisa berasal dari dawai, pipa organa, membran (kulit), atau logam. Seluruh sumber tersebut menghasilkan bunyi melalui perubahan frekuensi dan amplitudo. Gambar 2.1 merupakan contoh sumber bunyi pada alat musik gesek dan alat musik tiup.

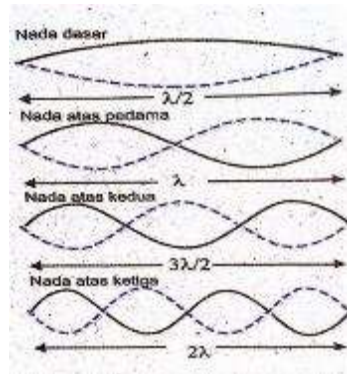


Gambar 2.1 (a) Alat Musik Gesek dan (b) Alat Musik Tiup

Sumber: (Radjawane et al., 2022)

1) Sumber bunyi dawai

Pada dawai atau senar dipetik, dawai atau senar akan menghasilkan gelombang stasioner dengan ujung terikat yang merupakan hasil superposisi gelombang. Frekuensi yang dihasilkan akan beresonansi dengan udara. Berikut merupakan pola gelombang stasioner pada dawai yang disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pola Gelombang Stasioner pada Dawai

Sumber: (Radjawane et al., 2022)

Nada dasar memiliki panjang gelombang $1/2\lambda$, sementara nada pertama atas memiliki panjang gelombang 1λ . Pola ini akan terus berlanjut dengan selisih panjang gelombang $1/2\lambda$. Frekuensi dari nada ke- n (f_n) pada dawai dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} \text{ atau } f_n = \frac{(n + 1)}{2L} v \quad (2.8)$$

Dengan:

f = frekuensi (Hz)

v = cepat rambat gelombang bunyi (m/s)

λ_n = panjang gelombang bunyi (m)

L = panjang dawai (m)

$n = 1, 2, 3 \dots$

Hukum Mersenne menyatakan bahwa frekuensi berhubungan terbalik dengan panjang senar dan berhubungan lurus dengan akar dari tegangan pada senar. Persamaan yang digunakan untuk menghitung frekuensi nada dasar adalah sebagai berikut.

$$f_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (2.9)$$

Dimana,

f_0 adalah frekuensi nada dasar (Hz)

L = panjang dawai (m)

F = tegangan dawai (N)

μ = massa per satuan panjang (kg/m)

Contoh alat musik yang menggunakan dawai antara lain sasando, gitar, dan biola. Kecepatan rambat bunyi (v) pada dawai dipengaruhi oleh tegangan dawai (F), massa dawai (m), dan panjang dawai (L), yang secara matematis dapat dijelaskan dengan persamaan hukum Melde seperti berikut.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \text{ atau } v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} \quad (2.10)$$

Dengan:

F = tegangan dawai (N)

L = panjang dawai (m)

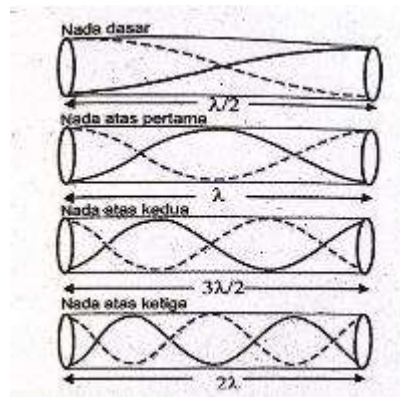
m = massa dawai (kg)

2) Sumber bunyi pipa organa

Alat musik tiup seperti seruling, terompet, dan alat musik tiup lainnya memanfaatkan kolom udara yang ditiup, sehingga getaran udara yang terjadi menghasilkan suara yang teratur. Kolom tempat udara bergetar ini disebut pipa organa. Pipa organa terbagi menjadi dua jenis, yaitu pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup.

a) Pipa organa terbuka

Pipa organa terbuka adalah pipa yang memiliki kolom udara dengan kedua ujungnya terbuka, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pola Gelombang Stasioner pada Pipa Organa Terbuka

Sumber: (Radjawane et al., 2022)

Frekuensi nada dasar (f_0) pada pipa organa terbuka dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$L = \frac{1}{2} \lambda \text{ atau } \lambda = 2L \quad (2.11)$$

$$f_0 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2L} \quad (2.12)$$

Dengan:

L = panjang kolom pipa organa (m)

f_0 = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat bunyi di udara (m/s)

Untuk menentukan nada-nada atas, dapat menggunakan rumus:

$$f_n = \frac{(n + 1)}{2L} v \quad (2.13)$$

$$\lambda_n = \frac{2L}{(n + 1)} \quad (2.14)$$

Dengan:

L = panjang kolom pipa organa (m)

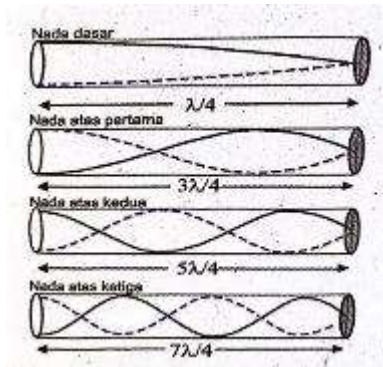
f_0 = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat bunyi di udara (m/s)

$n = 1, 2, 3 \dots$

b) Pipa organa tertutup

Pada pipa organa tertutup, salah satu ujung kolom udara dalam pipa tertutup. Berikut ini adalah pola gelombang stasioner yang terbentuk pada pipa organa tertutup, seperti yang disajikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pola Gelombang Stasioner Pada Pipa Organa Tertutup

Sumber: (Radjawane et al., 2022)

Persamaan untuk pipa organa terbuka frekuensi nada dasar (f_0) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$L = \frac{1}{4} \lambda \text{ atau } \lambda = 4L \quad (2.15)$$

$$f_0 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4L} \quad (2.16)$$

Dengan:

L = panjang kolom pipa organa (m)

f_0 = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat bunyi di udara (m/s)

Untuk menentukan nada-nada atas, dapat menggunakan rumus:

$$f_n = \frac{(2n + 1)}{4L} v \quad (2.17)$$

$$\lambda_n = \frac{4L}{(2n + 1)} \quad (2.18)$$

Dengan:

L = panjang kolom pipa organa (m)

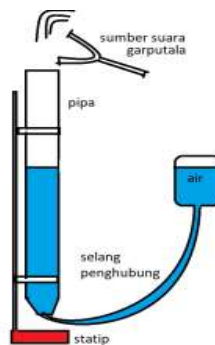
f_0 = frekuensi nada dasar (Hz)

v = cepat rambat bunyi di udara (m/s)

$n = 1, 2, 3 \dots$

c. Resonansi

Resonansi adalah proses di mana suatu benda ikut bergetar karena frekuensi alaminya sesuai dengan frekuensi sumber bunyi. Fenomena resonansi sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, seperti getaran jendela yang terjadi saat petir menyambar. Pada alat musik seperti gitar, terdapat kotak resonansi yang memungkinkan udara di dalamnya ikut bergetar ketika dawai dipetik. Pada awalnya, resonansi digunakan untuk mengukur kecepatan rambat gelombang bunyi di udara. Berikut adalah contoh peristiwa resonansi yang terjadi pada pipa organa, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Peristiwa Resonansi

Sumber: (Kurniawan & Handayani, 2023)

Jika garpu tala yang telah diketahui frekuensinya digetarkan di atas tabung, bunyi pertama terdengar jika tinggi kolom udara

$$L_1 = \frac{1}{4}\lambda \text{ atau } \lambda = 4L_1 \quad (2.19)$$

Oleh karena itu, frekuensi garpu tala yang telah diketahui, cepat rambat bunyi seperti berikut:

$$v = \lambda f \quad (2.20)$$

Untuk menghasilkan resonansi ke-2, ke-3, ke-4, dan seterusnya, digunakan persamaan berikut:

$$L_n = (2n - 1) \frac{1}{4}\lambda \quad (2.21)$$

d. Efek Doppler

Efek doppler yaitu perubahan yang terdengar akibat adanya gerak relatif sumber bunyi dan pendengar. Jika medium rambatan bunyi dianggap diam, efek doppler dapat dinyatakan sebagai persamaan berikut:

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s \quad (2.22)$$

Dengan:

v_p = kecepatan gerak pengamat (m/s)

v_s = kecepatan gerak sumber (m/s)

f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz)

f_p = frekuensi yang didengar pengamat (Hz)

Kecepatan pengamat (v_p) akan bernilai (+) jika bergerak mendekati sumber, dan bernilai (-) jika bergerak menjauhi sumber. Sementara itu, kecepatan gerak sumber (v_s) akan bernilai (+) jika sumber bergerak menjauhi pengamat, dan bernilai (-) jika sumber bergerak mendekati pengamat. Persamaan 2.22 berlaku apabila kecepatan angin relatif kecil dan tidak memengaruhi sumber bunyi maupun pendengar. Namun, apabila kecepatan angin cukup besar serta memengaruhi sumber bunyi ataupun pendengar maka persamaan tersebut menjadi seperti berikut:

a. Jika arah angin searah dengan gelombang bunyi

$$f_p = \frac{v \pm v_p + v_a}{v \pm v_s + v_a} f_s \quad (2.23)$$

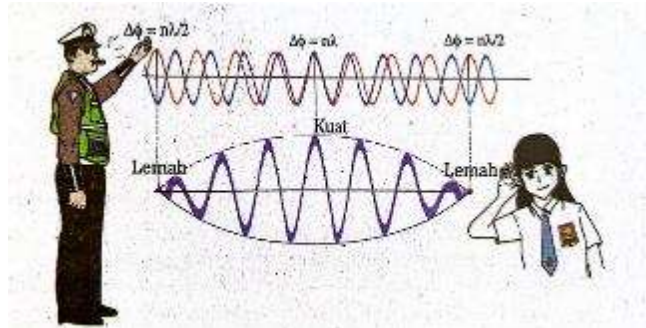
b. Jika arah angin berlawanan dengan gelombang bunyi

$$f_p = \frac{v \pm v_p - v_a}{v \pm v_s - v_a} f_s \quad (2.24)$$

e. Pelayangan Bunyi

Bunyi melengking pada peluit sebenarnya tidak berasal hanya dari satu frekuensi saja, tetapi dari berbagai frekuensi dan seringkali terdengar suaranya pelan kemudian melengking. Fenomena ini disebut sebagai pelayangan bunyi.

Pelayangan bunyi dapat dijelaskan dengan menggunakan prinsip superposisi gelombang, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Peristiwa Layangan Bunyi

Sumber: (Radjawane et al., 2022)

Gabungan dari dua gelombang ini dikenal sebagai interferensi. Ketika mendengar suara yang keras, itu menunjukkan bahwa kedua gelombang memiliki selisih fase $n\lambda$. Kondisi ini disebut interferensi konstruktif, sedangkan suara yang terdengar lemah disebabkan oleh selisih fase $n\lambda/2$ antara kedua gelombang. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung penyebaran bunyi:

$$f_n = |f_2 - f_1| \quad (2.25)$$

Dengan:

f_n = frekuensi layangan bunyi (Hz)

f_2/f_1 = frekuensi benda yang berinterferensi (Hz)

f. Intensitas dan Taraf Intensitas Bunyi

1) Intensitas Gelombang Bunyi

Pada kenyataannya yang merambat pada gelombang adalah energi, maka perambatan yang terjadi pada gelombang bunyi adalah energi bunyi. Intensitas bunyi adalah jumlah energi bunyi yang diteruskan per satuan waktu dan melewati suatu bidang secara tegak lurus per satuan luas bidang tersebut (I). Intensitas bunyi dinyatakan dalam satuan watt/m².

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (2.26)$$

2) Taraf Intensitas Bunyi

Telinga manusia memiliki batas pendengaran yang berkisar 10-12 watt/m². Jika kurang dari batas tersebut itu telinga tidak dapat mendengar bunyi dari sumber bunyi. Adapun ukuran kekuatan dari bunyi dinyatakan dengan istilah taraf intensitas bunyi. Taraf intensitas bunyi merupakan logaritma perbandingan antara intensitas yang diukur dengan intensitas ambang pendengaran, yang secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$TI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (2.27)$$

Taraf intensitas diukur dalam satuan desibel (dB).

Berikut ini adalah beberapa contoh taraf intensitas beserta sumber bunyinya, yang disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Taraf Intensitas dan Sumbernya

Taraf Intensitas	Sumber
0 dB	Ambang pendengaran manusia
10-20 dB	Bisikan kecil
30-40 dB	Perpustakaan
50-70 dB	Percakapan sehari-hari
70-80 dB	Lalu lintas yang ramai
90 dB	Alat pengebor beton
> 90 dB	Mesin jet

Sumber: (Radjawane et al., 2022)

2.2 Hasil yang Relevan

Beberapa hasil penelitian yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

- a. Syafrizal, dkk (2021) dalam jurnalnya yang berjudul "Pengaruh Model Pembelajaran MURDER (*Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review*) Terhadap Hasil Belajar Siswa" dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil belajar siswa di SMP Negeri 2 Dewantara dipengaruhi secara signifikan oleh model pembelajaran MURDER. Kesamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu menggunakan variabel bebas yang sama yaitu model pembelajaran MURDER. Adapun perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian sebelumnya terletak pada variabel terikatnya. Penelitian

sebelumnya menggunakan variabel terikat hasil belajar sedangkan penelitian yang akan dilakukan menggunakan variabel terikat berupa keterampilan pemecahan masalah.

- b. Riana (2022) dalam skripsinya yang berjudul “Pengaruh Model Pembelajaran MURDER (*Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review*) Berbantuan *Ice Breaking* Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Penalaran Matematis Peserta didik” menyimpulkan bahwa model MURDER dan *ice breaking* berpengaruh positif terhadap kemampuan pemecahan masalah dan penalaran matematis peserta didik. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang akan dilakukan, yaitu penggunaan model pembelajaran MURDER sebagai variabel bebas dan pemecahan masalah sebagai variabel terikat. Perbedaannya terletak pada teori pemecahan masalah yang digunakan peneliti sebelumnya menggunakan teori Polya, sedangkan penelitian ini menggunakan teori Docktor & Heller. Teori Polya terdiri dari empat langkah umum yang cocok untuk berbagai konteks matematika (Arifin, 2019). Di sisi lain, teori Docktor & Heller berfokus pada pemecahan masalah dalam konteks fisika terdiri dari lima langkah yang lebih spesifik untuk pemecahan masalah fisika, dengan penekanan pada representasi visual dan pemahaman konsep (Kusuma & Setyarsih, 2021). Dengan demikian, perbedaan utama terletak pada jumlah langkah dan fokus konteks pemecahan masalah yang dihadapi. Berikut merupakan Tabel perbedaan indikator keterampilan pemecahan masalah teori Polya dengan teori Docktor & Heller disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Perbedaan Teori Polya dan Docktor & Heller

Polya	Docktor & Heller
Memahami masalah	<i>Useful Description</i>
Perencanaan pemecahan masalah	<i>Physics appoarch</i>
Melaksanakan perencanaan pemecahan masalah	<i>Spesific Application of Physics</i>
Melihat kembali	<i>Mathematical Procedures</i>
	<i>Logical Progression</i>

Perbedaan lainnya terletak pada konteks penelitian. Penelitian sebelumnya mengkaji kemampuan pemecahan masalah dan penalaran matematis pada mata pelajaran matematika di jenjang SMP, sedangkan penelitian ini fokus pada

keterampilan pemecahan masalah dalam mata pelajaran fisika di jenjang SMA/MA. Inovasi dalam penelitian ini mencakup penggunaan *game edukatif* yang relevan dengan materi, praktikum langsung, penerapan model MURDER dalam konteks fisika, serta instrumen soal yang lebih menekankan pada pemahaman konsep fisika.

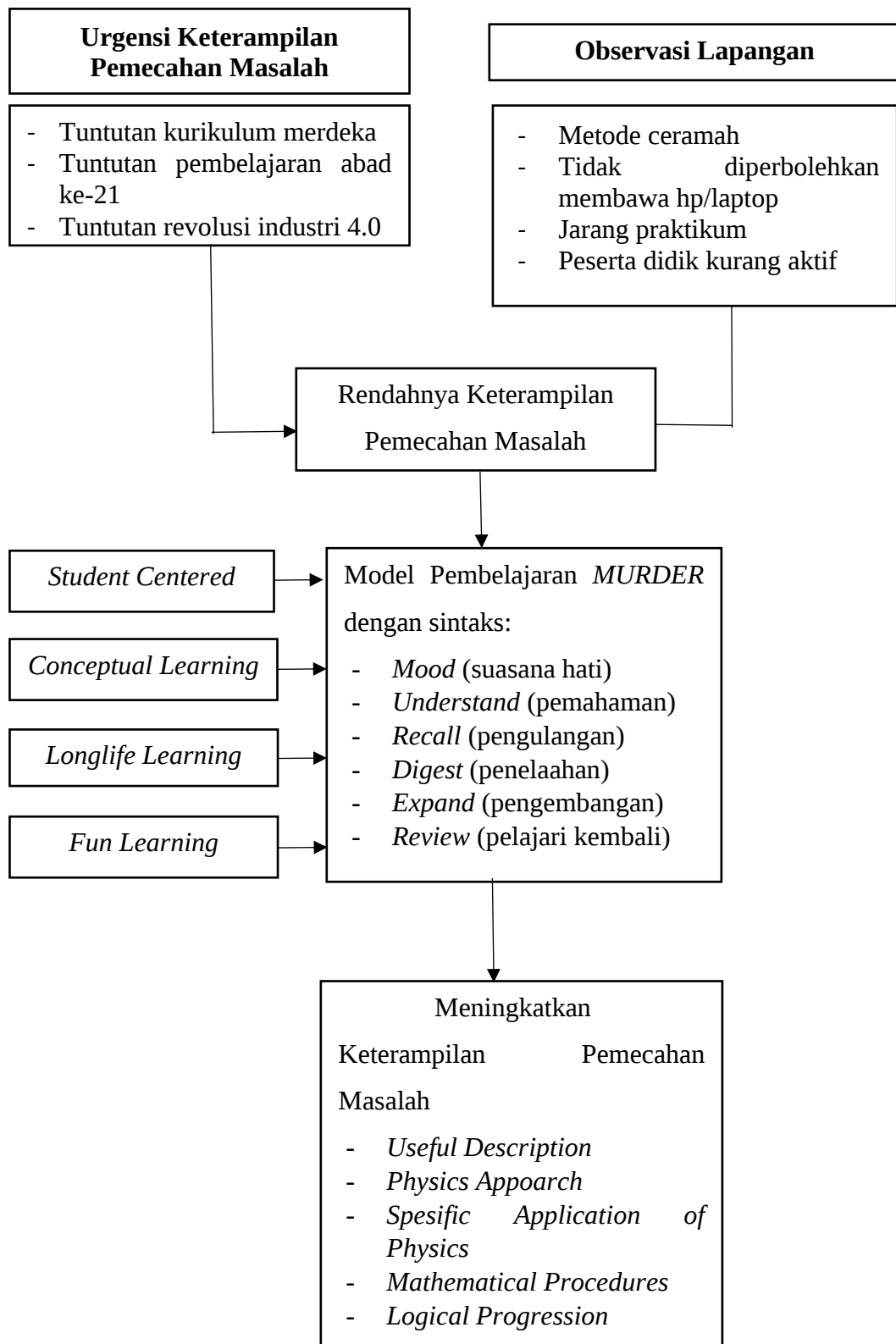
- c. Hadiztia, dkk (2023) dalam jurnalnya yang berjudul “Implementasi Model Pembelajaran MURDER Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas VIII SMP/MTS” dapat disimpulkan bahwa hasil belajar matematika siswa yang diterapkan dengan model MURDER lebih unggul dibandingkan dengan rata-rata hasil belajar siswa yang menggunakan model pembelajaran konvensional. Penerapan model pembelajaran MURDER pada kelas VIII 1 menunjukkan hasil yang sangat baik. Kesamaan antara penelitian ini dan penelitian yang akan dilakukan terletak pada penggunaan variabel bebas yang sama, yaitu model pembelajaran MURDER. Perbedaannya terletak pada variabel terikat yang digunakan, di mana penelitian sebelumnya mengukur hasil belajar matematika, sementara penelitian yang akan datang fokus pada keterampilan pemecahan masalah.
- d. Afifah, dkk (2023) dalam jurnalnya yang berjudul “Efektivitas Strategi MURDER (*Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review*) Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa” dapat disimpulkan bahwa siswa kelas X SMAN 7 Wajo, strategi MURDER telah terbukti efektif dalam pembelajaran matematika. Hasil belajar matematika siswa telah meningkat dalam kategori sedang dengan nilai rata-rata peningkatan ternormalisasi 0,699, dan aktivitas siswa telah meningkat dalam kategori aktif dengan nilai rata-rata aktivitas siswa adalah 82%. Kesamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu menggunakan variabel bebas yang sama yaitu model pembelajaran MURDER. Adapun perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian sebelumnya terletak pada variabel terikatnya. Penelitian sebelumnya menggunakan variabel terikat hasil belajar matematika sedangkan penelitian yang akan dilakukan menggunakan variabel terikat berupa keterampilan pemecahan masalah.

- e. Destiana, dkk (2023) dalam jurnalnya yang berjudul “Analisis Kemampuan Pemahaman Siswa Menggunakan Model Pembelajaran MURDER Pada Materi Koordinat Kartesius Kelas VIII” dapat disimpulkan bahwa siswa di kelas VIII SMP Negeri 1 Cipeundeuy menunjukkan peningkatan kemampuan pemahaman matematis setelah menerapkan model pembelajaran MURDER. Kesamaan antara penelitian ini dan penelitian yang akan datang terletak pada penggunaan variabel bebas yang sama, yaitu model pembelajaran MURDER. Sementara itu, perbedaannya terdapat pada variabel terikat yang digunakan. Penelitian sebelumnya mengukur kemampuan pemahaman sebagai variabel terikat, sedangkan penelitian yang akan dilakukan akan mengukur keterampilan pemecahan masalah sebagai variabel terikat.

2.3 Kerangka Konseptual

Berdasarkan studi pendahuluan di MA Negeri 1 Tasikmalaya menggunakan metode tes, masih banyak peserta didik yang mengalami kesulitan dalam memecahkan masalah fisika. Hal ini dapat dilihat dari hasil tes keterampilan pemecahan masalah yang hanya mencapai 33,78%. Hasil wawancara dengan guru fisika mengungkapkan bahwa pembelajaran fisika jarang melibatkan praktikum, dan materi gelombang bunyi dianggap sulit untuk dipahami oleh peserta didik. Studi literatur juga menunjukkan bahwa kesulitan ini disebabkan oleh kesalahan pemahaman konsep. Hal tersebut juga dapat dibuktikan dari rata-rata nilai ulangan harian yaitu sebesar 55,2 dari KKM 77.

Berdasarkan permasalahan yang ada, perlu perbaikan dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Salah satu cara adalah dengan menerapkan model pembelajaran MURDER yang terdiri dari lima tahapan: *Mood*, *Understand*, *Recall*, *Digest*, *Expand*, *Review*. Model ini mendorong peserta didik untuk berkembang lebih jauh. Indikator keterampilan pemecahan masalah yang dianalisis meliputi deskripsi yang berguna, pendekatan fisika, aplikasi spesifik fisika, prosedur matematis, dan progresi logis. Kerangka konseptual penelitian ini disajikan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kerangka Konseptual Model MURDER

2.4 Hipotesis Penelitian dan Pertanyaan Penelitian

Hipotesis merupakan jawaban sementara dari rumusan penelitian yang telah ditentukan. Dengan kata lain hipotesis ini merupakan jawaban yang baru berdasarkan teori yang relevan dan belum didasarkan pada bukti empiris di lapangan (Sugiyono, 2024). Berdasarkan pertanyaan dari rumusan masalah maka hipotesis dalam penelitian ini adalah:

- H_0 : tidak ada pengaruh model *Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review* (MURDER) terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi gelombang bunyi di kelas XI Saintek MA Negeri 1 Tasikmalaya tahun ajaran 2024/2025.
- H_a : ada pengaruh model *Mood, Understand, Recall, Digest, Expand, Review* (MURDER) terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi gelombang bunyi di kelas XI Saintek MA Negeri 1 Tasikmalaya tahun ajaran 2024/2025.