

## BAB 2 TINJAUAN TEORETIS

### 2.1 Kajian Pustaka

#### 2.1.1 Model *Physics Independent Learning* (PIL)

Model *Physics Independent Learning* (PIL) merupakan model pembelajaran sains inovatif yang dikembangkan berdasarkan kajian dan analisis terhadap model *Problem Based Learning* (PBL) dan *Cooperative Learning* (CL) dengan pendekatan saintifik (Pandiagan, P., Jatmiko, B., & Sanjaya, I. M., 2018). Menurut Pandiagan, dkk. (2017) bahwa model *Physics Independent Learning* (PIL) berkaitan erat dengan model *Problem Based Learning* (PBL) sehingga langkah-langkah pembelajaran pada model *Physics Independent Learning* (PIL) sejalan dengan langkah-langkah pembelajaran pada model *Problem Based Learning* (PBL). Namun, terdapat hal yang dapat membedakan antara model *Physics Independent Learning* (PIL) dengan *Problem Based Learning* (PBL) yaitu model *Physics Independent Learning* (PIL) lebih ditekankan pada sintaks tanggung jawab di mana sintaks ini yang akan membentuk karakter peserta didik untuk lebih meningkatkan kemampuan dirinya dalam pembelajaran. Sementara dalam model *Problem Based Learning* (PBL) terdapat tanggung jawab namun tanggung jawab dalam model PBL tidak diatur atau diarahkan pada sintaks sehingga tidak menjadi suatu penekanan dalam model PBL. Penerapan pembelajaran mandiri sangat penting untuk diimplementasikan dan ditingkatkan agar peserta didik mampu menyelesaikan permasalahan secara mandiri tanpa bergantung pada guru sepenuhnya (Amalia, dkk., 2021).

Dari beberapa pendapat yang telah disebutkan di atas dapat disimpulkan bahwa *Physics Independent Learning* (PIL) adalah model pembelajaran inovatif yang dikembangkan berdasarkan kajian dan analisis terhadap model *Problem Based Learning* (PBL) dan *Cooperative Learning* (CL) dengan pendekatan saintifik di mana model ini ditujukan untuk melatih keterampilan pemecahan masalah dan kemandirian belajar individu dalam hal ini peserta didik. Sebagaimana model pembelajaran lainnya, model *Physics Independent Learning*

(PIL) ini terdiri dari beberapa tahapan atau sintaks. Adapun sintaks model *Physics Independent Learning* (PIL) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Sintaks Model *Physics Independent Learning* (PIL)  
(Pandiagan, dkk., 2017)**

<b>Sintaks Pembelajaran</b>	<b>Aktivitas Guru</b>	<b>Aktivitas Peserta Didik</b>
<i>Initiation and Persistence</i> (Inisiasi dan Persistensi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Membangkitkan motivasi belajar peserta didik dengan menyajikan peristiwa atau fenomena fisis yang sering dilihat atau dialami dalam kehidupan.</li> <li>➤ Menyajikan suatu permasalahan yang akan membangkitkan inisiatif dan persistensi peserta didik.</li> <li>➤ Menjelaskan tujuan pembelajaran.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mendengarkan dan memperhatikan sajian peristiwa.</li> <li>➤ Memperhatikan dan mencoba memahami masalah yang disajikan.</li> <li>➤ Menyimak dan memahami tujuan pembelajaran yang disampaikan guru.</li> </ul>
<i>Responsibility</i> (Tanggung Jawab)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Memberikan motivasi kepada peserta didik agar dapat mengambil peran tanggung jawab untuk menyelesaikan masalah.</li> <li>➤ Memberikan apersepsi materi.</li> <li>➤ Memfasilitasi peserta didik untuk membentuk kelompok dan membagikan LKPD.</li> <li>➤ Membantu peserta didik mendefinisikan dan merumuskan masalah, menyusun hipotesis, serta menyusun langkah-langkah pemecahan yang terkait dengan permasalahan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mulai mengambil peran tanggung jawab untuk menyelesaikan masalah.</li> <li>➤ Memperhatikan apersepsi materi yang diberikan.</li> <li>➤ Membentuk kelompok dan memastikan bahwa seluruh kelompok telah menerima LKPD.</li> <li>➤ Mendefinisikan dan merumuskan masalah, menyusun hipotesis, serta menyusun langkah-langkah terkait dengan permasalahan.</li> </ul>

<b>Sintaks Pembelajaran</b>	<b>Aktivitas Guru</b>	<b>Aktivitas Peserta Didik</b>
<i>Self and Group Investigation</i> (Penyelidikan Mandiri)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mendorong peserta didik secara mandiri baik individu ataupun kelompok mengumpulkan informasi yang sesuai.</li> <li>➤ Memfasilitasi peserta didik untuk melakukan percobaan atau penyelidikan guna membangun keterampilan pemecahan masalah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Secara mandiri mengumpulkan informasi dari kegiatan percobaan atau penyelidikan.</li> <li>➤ Secara mandiri melakukan percobaan atau penyelidikan.</li> </ul>
<i>Analysis</i> (Analisis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Memfasilitasi peserta didik secara mandiri untuk mengidentifikasi data yang diperoleh dari hasil percobaan atau penyelidikan.</li> <li>➤ Memfasilitasi peserta didik untuk berkolaborasi melakukan analisis data baik secara individu maupun kelompok.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Secara mandiri mengidentifikasi data yang diperoleh dari hasil percobaan atau penyelidikan.</li> <li>➤ Berkolaborasi melakukan analisis data baik secara individu maupun kelompok.</li> </ul>
<i>Presenting and Discussion</i> (Presentasi dan Diskusi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Memfasilitasi peserta didik untuk merencanakan, menyiapkan, mengomunikasikan, dan mempresentasikan hasil percobaan atau penyelidikan.</li> <li>➤ Mengarahkan dan memfasilitasi jalannya presentasi dan diskusi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Merencanakan, menyiapkan, mengomunikasikan, dan mempresentasikan hasil percobaan atau penyelidikan.</li> <li>➤ Bekerja sama dalam kelompok agar berperan aktif dalam kegiatan presentasi dan diskusi.</li> </ul>
<i>Strengthening and Evaluation</i> (Penguatan dan Evaluasi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Memfasilitasi peserta didik secara mandiri untuk membuat penguatan berupa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Secara mandiri membuat penguatan berupa kesimpulan.</li> <li>➤ Mengumpulkan</li> </ul>

Sintaks Pembelajaran	Aktivitas Guru	Aktivitas Peserta Didik
	kesimpulan. ➤ Memeriksa pekerjaan peserta didik sebagai bukti belajar. ➤ Memfasilitasi tindak lanjut belajar peserta didik melalui pemberian soal.	hasil kerja individu atau kelompok. ➤ Menerima dan mencatat tugas dari guru.

Menurut Pandiagan, dkk. (2017) model *Physics Independent Learning* (PIL) mempunyai kelebihan yaitu sebagai berikut.

- a. Peserta didik mampu meningkatkan keterampilan pemecahan masalah.
- b. Peserta didik mampu meningkatkan keterampilan belajar mandiri dengan cara membangkitkan inisiatif dan persistensi dalam belajar, dan secara bertahap mampu mengambil tanggung jawab terhadap belajarnya baik secara individu maupun kelompok.
- c. Peserta didik mampu membangkitkan motivasi belajar yang ditunjukkan dengan respons positif terhadap pelaksanaan pembelajaran.
- d. Peserta didik mampu mengembangkan interaksi sosial dengan cara mengembangkan keterampilan sosial dalam proses pemecahan masalah.
- e. Peserta didik mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, dan keterampilan metakognisi.
- f. Peserta didik mampu mengembangkan dan membangun model mental melalui multirepresentasi, keterampilan komunikasi, pengambilan keputusan, dan keterampilan *peer tutoring*.

### 2.1.2 Keterampilan Pemecahan Masalah

Keterampilan pemecahan masalah merupakan keterampilan seseorang untuk menemukan solusi melalui proses yang melibatkan perolehan dan pengorganisasian informasi (Sujarwanto, 2019). Keterampilan pemecahan masalah sangat penting untuk dimiliki oleh seseorang termasuk peserta didik (Diana, 2021). Peserta didik yang memiliki kemampuan memecahkan masalah akan mampu mengaplikasikan pengetahuan yang mereka miliki ke dalam konteks permasalahan yang dihadapi (Kurniawan & Taqwa, 2018). Selain itu menurut

Suryani, dkk. (2020) menyatakan bahwa keterampilan pemecahan masalah adalah suatu kecakapan atau potensi yang ada di dalam diri peserta didik sehingga ia dapat menyelesaikan suatu permasalahan dan dapat mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.

Keterampilan pemecahan masalah merupakan keterampilan yang diperoleh dari proses mengumpulkan fakta, menganalisis informasi, menyusun berbagai alternatif solusi, dan memilih solusi paling efektif yang sangat penting dimiliki oleh peserta didik, tidak terkecuali peserta didik yang mempelajari Fisika (Diana, 2021). Menurut Ukhtikhumayroh & Rahmatsyah (2020) menyatakan bahwa keterampilan pemecahan masalah merupakan keterampilan yang dapat diperkuat melalui latihan-latihan yang sering dilakukan di kelas, pemberian masalah oleh guru kepada peserta didik yang bertujuan mengajak peserta didik untuk mampu menganalisis dan merefleksi materi pembelajaran.

Dalam pembelajaran Fisika, keterampilan pemecahan masalah memiliki fungsi untuk membantu peserta didik saat melaksanakan kegiatan investigasi yang kompleks dan membangun partisipasi peserta didik saat pembelajaran Fisika berlangsung (Glazewski, 2020). Selain itu, menurut Batlolona, dkk. (2018) menyatakan bahwa keterampilan pemecahan masalah fisika dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dalam berkolaborasi untuk membangun pengetahuan terhadap suatu konsep dengan baik, sehingga penguasaan konsep dapat meningkat secara signifikan. Tingkat keterampilan pemecahan masalah yang baik tentu akan membangun rasa percaya diri peserta didik dalam menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari (Laila & Harefa, 2021).

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, bahwa keterampilan pemecahan masalah merupakan keterampilan yang sangat penting dimiliki oleh peserta didik, di mana keterampilan pemecahan masalah ini merupakan keterampilan seseorang untuk menemukan solusi melalui proses yang melibatkan perolehan dan pengorganisasian informasi dengan cara mengumpulkan fakta, menganalisis informasi, menyusun berbagai alternatif solusi, serta memilih solusi paling efektif. Di mana dalam pembelajaran Fisika, keterampilan pemecahan masalah memiliki fungsi untuk membantu peserta didik saat melaksanakan kegiatan investigasi yang

kompleks dan membangun partisipasi peserta didik saat pembelajaran Fisika berlangsung.

Langkah-langkah pemecahan masalah yang dilakukan menurut Polya yaitu memahami masalah (*understand the problem*), merencanakan strategi (*devising a plan*), melaksanakan strategi (*carry out a plan*), dan mengevaluasi solusi (*looking back at the completed solution*). Keterampilan pemecahan masalah yang diadaptasi dari Polya (1985) memiliki tahapan dan indikator sebagai berikut.

**Tabel 2.2 Indikator dan Tahap Keterampilan Pemecahan Masalah (Polya, 1985)**

<b>Tahap</b>	<b>Indikator</b>
Memahami masalah ( <i>understand the problem</i> )	Peserta didik mampu menuliskan besaran yang tercantum dan besaran yang ditanyakan
Merencanakan strategi ( <i>devising a plan</i> )	Peserta didik memiliki rencana pemecahan masalah yang akan mereka gunakan dengan menyebutkan atau menuliskan konsep Fisika dan persamaan yang sesuai dengan informasi dan pertanyaan yang diajukan
Melaksanakan strategi ( <i>carry out a plan</i> )	Peserta didik mampu menyelesaikan masalah dengan menuliskan langkah penyelesaian masalah menggunakan konsep dan persamaan yang telah dipilih
Mengevaluasi solusi ( <i>looking back at the completed solution</i> )	Peserta didik mampu membuat kesimpulan akhir dari jawaban yang telah dibuat

Adapun cara untuk menghitung skor akhir keterampilan pemecahan masalah yang diperoleh peserta didik menurut Hudha, dkk. (2017) adalah sebagai berikut.

$$P = \frac{x}{x_i} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

$P$  = presentase skor akhir

$x$  = skor yang diperoleh peserta didik pada satu indikator

$x_i$  = skor maksimum pada suatu indikator

Nilai yang diperoleh tersebut kemudian dikategorikan sesuai dengan masing-masing indikator. Adapun pengkategorian keterampilan pemecahan masalah menurut Husna & Burais (2019) adalah sebagai berikut.

**Tabel 2.3 Pengkategorian Keterampilan Pemecahan Masalah (Husna & Burais, 2019)**

Persentase (%)	Kategori
0,00 – 39,99	Sangat Kurang
40,00 – 54,99	Kurang
55,00 – 69,99	Cukup
70,00 – 84,99	Baik
85,00 – 100,00	Sangat Baik

### 2.1.3 Keterkaitan Sintaks Model *Physics Independent Learning* (PIL) dengan Keterampilan Pemecahan Masalah

Berdasarkan hasil sintesis peneliti, keterkaitan sintaks model *Physics Independent Learning* (PIL) dengan keterampilan pemecahan masalah berdasarkan tahap dan indikator pemecahan masalah menurut Polya dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.4 Keterkaitan Sintaks Model *Physics Independent Learning* (PIL) dengan Keterampilan Pemecahan Masalah**

Sintaks Pembelajaran	Aspek Keterampilan Pemecahan Masalah
<i>Initiation and Persistence</i> (Inisiasi dan Persistensi)	Memahami masalah, karena peserta didik difokuskan untuk memahami masalah yang disajikan oleh guru sebagai objek pembelajaran.
<i>Responsibility</i> (Tanggung Jawab)	Memahami masalah dan merencanakan strategi, karena peserta didik diarahkan untuk mendefinisikan masalah yang disajikan serta difokuskan untuk membuat prediksi jawaban dan membuat rencana atau langkah pemecahan masalah.
<i>Self and Group Investigation</i> (Penyelidikan Mandiri)	Melaksanakan strategi, karena peserta didik melakukan kegiatan penyelidikan secara mandiri maupun kelompok untuk memperoleh data dengan tujuan menjawab atau menyelesaikan masalah yang diberikan di awal kegiatan pembelajaran.
<i>Analysis</i> (Analisis)	Melaksanakan strategi, karena peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi data yang diperoleh dan melakukan analisis bersama kelompok.
<i>Presenting and Discussion</i> (Presentasi dan Diskusi)	Mengevaluasi solusi, karena peserta didik memeriksa kembali pemecahan masalah yang telah dilakukan, membuat kesimpulan, serta menyampaikan hasil diskusi dengan melakukan presentasi.
<i>Strengthening and Evaluation</i> (Penguatan dan Evaluasi)	Mengevaluasi solusi, karena peserta didik melakukan refleksi dan evaluasi terhadap hasil kegiatan pembelajaran yang telah dilakukan.

## 2.1.4 Materi Gelombang Bunyi

### 4.1.1.1 Karakteristik dan Sifat Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi merupakan salah satu contoh dari gelombang mekanik, di mana gelombang mekanik merupakan gelombang yang memerlukan medium (perantara) dalam perambatannya. Gelombang bunyi merupakan gelombang mekanik yang berbentuk gelombang longitudinal, yaitu gelombang yang arah rambatannya searah dengan arah getarnya (Ilmiah, 2021). Gelombang bunyi terjadi karena adanya rapatan dan perenggangan dalam medium padat, cair, dan gas (Tipler, 1998). Suatu gelombang bunyi dapat ditangkap oleh telinga manusia bergantung pada frekuensi, amplitudo, dan bentuk gelombangnya (Ilmiah, 2021).

Pada umumnya, gelombang bunyi memiliki tiga karakteristik yaitu tinggi redah bunyi, kuat lemah bunyi, dan warna bunyi (Budiyanto, 2008).

- a. Tinggi Rendah Bunyi, merupakan kondisi gelombang bunyi yang diterima oleh telinga manusia berdasarkan frekuensi (jumlah getaran per detik). Tinggi bunyi (*pitch*) menunjukkan karakteristik bunyi yang mencirikan tinggi atau rendahnya bunyi terhadap seorang pendengar (pengamat).
- b. Kuat Lemah Bunyi, merupakan kondisi gelombang bunyi yang diterima oleh telinga manusia berdasarkan amplitudo dari gelombang tersebut. amplitudo ini merupakan simpangan maksimum, yaitu simpangan terjauh gelombang dari titik setimbangnya. Kuat lemah bunyi dapat disebut pula sebagai intensitas bunyi. Intensitas bunyi menunjukkan sejauh mana bunyi dapat terdengar. Jika intensitas bunyi kecil, maka bunyi akan melemah dan tidak dapat didengar. Namun, apabila intensitas nya besar maka bunyi menjadi semakin kuat, sehingga berbahaya bagi alat pendengaran. Untuk mengetahui hubungan antara amplitudo dengan kuat lemah bunyi, dapat diketahui dengan melakukan percobaan garputala. Ketika garputala dipukulkan ke meja dengan dua pukulan yang berbeda, maka akan teramati bahwa pukulan yang keras menghasilkan bunyi yang lebih kuat. Hal tersebut kemudian menunjukkan bahwa amplitudo getaran yang terjadi lebih besar. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kuat lemahnya bunyi bergantung pada besar kecilnya



amplitudo, di mana semakin besar amplitudo maka semakin kuat pula bunyi yang dihasilkan.

- c. Warna bunyi, merupakan macam-macam bunyi yang diterima oleh alat pendengaran berdasarkan sumber getarannya. Sumber getaran yang berbeda akan menghasilkan bentuk gelombang bunyi yang berbeda pula. Hal ini kemudian menyebabkan nada yang sama dari dua sumber getaran yang berbeda dapat terdengar berbeda pada telinga manusia.

Berdasarkan definisinya, gelombang bunyi merupakan gelombang mekanik sehingga sifat-sifat yang dimiliki gelombang bunyi sama dengan sifat-sifat yang dimiliki gelombang mekanik. Adapun sifat-sifat gelombang bunyi yaitu sebagai berikut (Ilmiah, 2021).

- a. Pemantulan Gelombang Bunyi (refleksi)

Ketika bunyi merambat melalui suatu medium, maka bunyi akan dipantulkan apabila mengenai permukaan medium yang keras. Pemantulan gelombang bunyi dapat dirasakan saat terjadinya gaung dan gema. Gaung dan gema merupakan peristiwa pemantulan gelombang bunyi di mana seolah-olah ada yang menirukan bunyi yang dikeluarkan. Gema terjadi di ruang yang luas, sehingga pemantulan yang dihasilkan lebih dalam atau dengan kata lain terdapat jeda waktu antara bunyi asli dan bunyi pantul. Sedangkan gaung terjadi di ruang yang di mana menyebabkan bunyi pantul tidak memiliki cukup waktu untuk merambat, sehingga bunyi asli dan bunyi pantul terdengar secara bersamaan.

- b. Pembiasan Gelombang Bunyi (refraksi)

Pembiasan gelombang bunyi atau refraksi terjadi ketika ada bunyi yang melewati air dan udara sehingga bunyi akan dibelokkan atau dibiaskan. Sesuai dengan hukum yang berlaku pada pembiasan, bahwasannya ketika gelombang datang dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat dan akan dibiaskan mendekati garis normal atau sebaliknya.

- c. Difraksi Gelombang Bunyi

Difraksi atau pelenturan gelombang bunyi berlaku apabila gelombang melewati celah. Gelombang bunyi sangat mudah mengalami difraksi karena panjang gelombang bunyi di udara sekitar beberapa sentimeter hingga meter.

Contohnya, kita dapat mendengar suara seseorang yang berada di ruangan yang berbeda dan tertutup karena bunyi dapat melewati celah-celah sempit.

#### d. Interferensi Gelombang Bunyi

Interferensi atau perpaduan gelombang bunyi terjadi apabila terdapat dua sumber bunyi yang koheren sampai ke telinga. Kuat lemah bunyi dihasilkan oleh interferensi dua gelombang. Terdapat dua jenis interferensi, yaitu interferensi konstruktif dan interferensi destruktif. Interferensi konstruktif atau interferensi yang saling menguatkan yaitu akan menghasilkan bunyi yang keras atau kuat, sementara interferensi destruktif atau interferensi yang saling melemahkan yaitu akan menghasilkan bunyi yang lemah.

#### 4.1.1.2 Frekuensi Bunyi

Setiap makhluk hidup memiliki ambang batas pendengaran yang berbeda satu sama lain. Berdasarkan frekuensinya, bunyi dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik (Ilmiah, 2021).

##### a. Infrasonik

Infrasonik merupakan gelombang bunyi yang memiliki frekuensi di bawah jangkauan pendengaran manusia, yaitu lebih kecil dari 20 Hz. Adapun gelombang infrasonik ini hanya mampu didengar oleh beberapa binatang seperti anjing, kelelawar, dan jangkrik (Ilmiah, 2021).

##### b. Audiosonik

Audiosonik merupakan gelombang bunyi yang memiliki frekuensi antara 20 Hz sampai 20.000 Hz. Gelombang audiosonik ini merupakan gelombang bunyi yang mampu didengar oleh manusia dan sebagian besar binatang (Ilmiah, 2021).

##### c. Ultrasonik

Ultrasonik merupakan gelombang bunyi yang memiliki frekuensi di atas jangkauan pendengaran manusia, yaitu lebih besar dari 20.000 Hz. Gelombang ultrasonik ini tidak mampu didengar oleh manusia melainkan hanya mampu didengar oleh beberapa binatang. Misalnya, kelelawar yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi bunyi dengan frekuensi hingga 100.000 Hz dan anjing yang dapat mendeteksi bunyi dengan frekuensi hingga 50.000 Hz (Ilmiah, 2021).

#### 4.1.1.3 Cepat Rambat Bunyi dalam Medium

Bunyi merupakan getaran yang dapat ditransmisikan oleh air atau mineral lain sebagai medium atau perantara. Bunyi merupakan gelombang longitudinal dan ditandai dengan frekuensi, amplitudo, dan intensitas. Kecepatan bunyi bergantung pada transmisi oleh mediumnya (Ilmiah, 2021).

a. Cepat Rambat Bunyi dalam Zat Padat

Cepat rambat bunyi dalam zat padat bergantung pada Modulus Young (modulus elastisitas) dan massa jenis zat padat. Secara matematis, pernyataan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut (Ilmiah, 2021).

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

Keterangan:

$v$  = cepat rambat bunyi ( $m/s$ )

$E$  = Modulus Young atau Modulus Elastisitas ( $N/m^2$ )

$\rho$  = massa jenis zat padat ( $kg/m^3$ )

b. Cepat Rambat Bunyi dalam Zat Cair

Cepat rambat bunyi dalam zat cair bergantung pada Modulus Bulk dan massa jenis zat cair. Secara matematis, pernyataan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut (Ilmiah, 2021).

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

Keterangan:

$v$  = cepat rambat bunyi ( $m/s$ )

$B$  = Modulus Bulk ( $N/m^2$ )

$\rho$  = massa jenis zat cair ( $kg/m^3$ )

c. Cepat Rambat Bunyi dalam Zat Gas

Cepat rambat bunyi dalam zat gas bergantung pada suhu dan jenis gas. Secara matematis, pernyataan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut (Ilmiah, 2021).

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$v$  = cepat rambat bunyi ( $m/s$ )

$\gamma$  = konstanta Laplace ( $N/m^2$ )

$R$  = konstanta gas umum ( $J/molK$ )

$T$  = suhu gas ( $K$ )

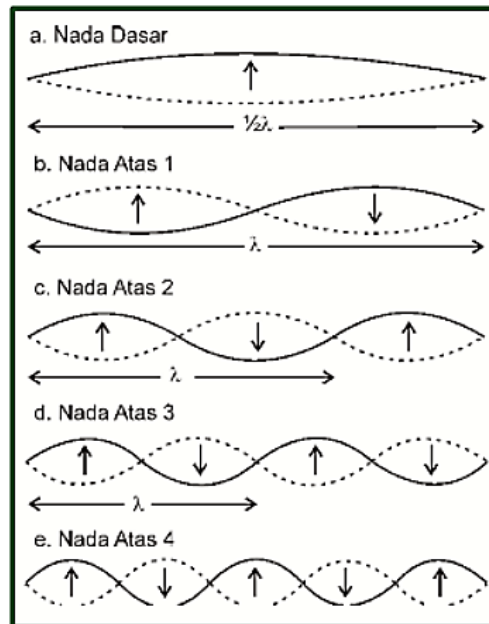
$M$  = massa molekul relatif

#### 4.1.1.4 Sumber Bunyi

Sumber bunyi berasal dari setiap benda yang bergetar. Salah satu sumber bunyi yaitu alat musik. Pada alat musik, sumber bunyi dihasilkan dengan cara dipukul, dipetik, ataupun ditiup (Radika, 2022).

##### a. Sumber Bunyi Dawai (Senar)

Salah satu alat musik yang memanfaatkan dawai (senar) yaitu gitar dan biola. Getaran yang terjadi pada dawai (senar) yang dipetik akan menghasilkan gelombang stasioner pada ujung terikat di mana satu senar akan menghasilkan berbagai frekuensi resonansi dari pola gelombang paling sederhana sampai majemuk (Naqiyah, 2019). Nada yang dihasilkan dengan pola gelombang paling sederhana disebut nada dasar, kemudian secara berturut-turut pola gelombang yang terbentuk menghasilkan nada atas ke-1, nada atas ke-2, nada atas ke-3, dan seterusnya (Naqiyah, 2019).



**Gambar 2.1 Pola Gelombang Stasioner pada Dawai.**  
**Sumber: [Naqiyah, 2019]**

1. Nada Dasar

Jika sepanjang dawai terbentuk  $\frac{1}{2}$  gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada dasar (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang dawai (senar) pada nada dasar adalah  $l = \frac{1}{2}\lambda_0$  atau  $\lambda_0 = 2l$ . Apabila frekuensi nada dasar dilambangkan dengan  $f_0$ , maka besar frekuensi bunyi dawai (senar) pada nada dasar dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{2l} \quad (2.5)$$

2. Nada Atas ke-1

Jika sepanjang dawai terbentuk 1 gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ke-1 (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang dawai (senar) pada nada atas ke-1 adalah  $l = \lambda_1$  atau  $\lambda_1 = l$ . Apabila frekuensi nada atas ke-1 dilambangkan dengan  $f_1$ , maka besar frekuensi bunyi dawai (senar) pada nada atas ke-1 dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{l} = 2 \left( \frac{v}{2l} \right) \quad (2.6)$$

### 3. Nada Atas ke-2

Jika sepanjang dawai terbentuk 1,5 gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ke-2 (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang dawai (senar) pada nada atas ke-2 adalah  $l = \frac{3}{2}\lambda_2$  atau  $\lambda_2 = \frac{2}{3}l$ . Apabila frekuensi nada atas ke-2 dilambangkan dengan  $f_2$ , maka besar frekuensi bunyi dawai (senar) pada nada atas ke-2 dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{\frac{2}{3}l} = \frac{3v}{2l} = 3\left(\frac{v}{2l}\right) \quad (2.7)$$

### 4. Nada Atas ke-3

Jika sepanjang dawai terbentuk 2 gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ke-3 (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang dawai (senar) pada nada atas ke-3 adalah  $l = 2\lambda_3$  atau  $\lambda_3 = \frac{1}{2}l$ . Apabila frekuensi nada atas ke-3 dilambangkan dengan  $f_3$ , maka besar frekuensi bunyi dawai (senar) pada nada atas ke-3 dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{v}{\frac{1}{2}l} = \frac{2v}{l} = 4\left(\frac{v}{2l}\right) \quad (2.8)$$

Menurut Naqiyah (2019), nada terendah yang dihasilkan oleh sumber bunyi disebut sebagai nada dasar atau nada harmonik pertama. Selanjutnya untuk nada yang lebih tinggi secara berurutan disebut nada atas pertama (harmonik kedua), nada atas kedua (harmonik ketiga), dan seterusnya. Adapun frekuensi-frekuensi  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ , dan seterusnya disebut sebagai frekuensi alami atau frekuensi resonansi (Naqiyah, 2019).

Berdasarkan hal tersebut, maka diketahui bahwa perbandingan frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh sumber bunyi berupa dawai (senar) dengan frekuensi nada dasarnya merupakan perbandingan bilangan bulat (Naqiyah, 2019).

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots = \frac{v}{2l} : 2\left(\frac{v}{2l}\right) : 3\left(\frac{v}{2l}\right) : 4\left(\frac{v}{2l}\right) : \dots = 1 : 2 : 3 : 4 : \dots \quad (2.9)$$

Mengingat bahwa kecepatan gelombang transversal pada dawai adalah  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ , maka frekuensi nada dasar pada dawai dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f_0 = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{Fl}{m}} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \quad (2.10)$$

Adapun secara umum, persamaan frekuensi bunyi pada dawai (senar) dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$l = (n + 1) \frac{1}{2} \lambda$$

$$f_n = (n + 1) f_0 = \frac{(n + 1)v}{2l} = \frac{n + 1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (2.11)$$

Keterangan:

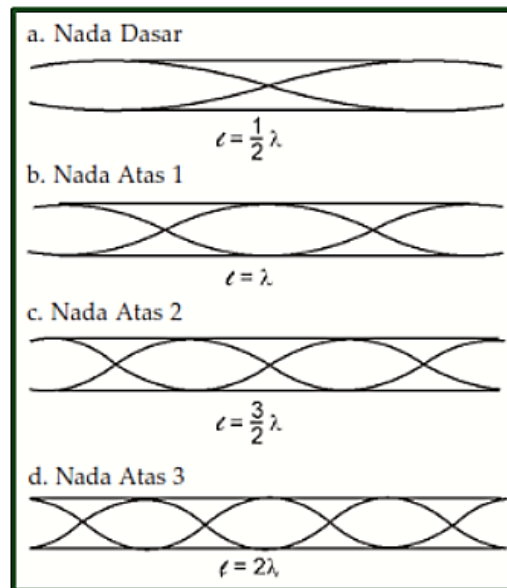
- $f_n$  = frekuensi nada dawai ke- $n$  ( $Hz$ )
- $l$  = panjang dawai ( $m$ )
- $n$  = urutan nada dawai ( $0, 1, 2, 3, dst$ )
- $v$  = kelajuan gelombang bunyi pada dawai ( $m/s$ )
- $F$  = gaya tegangan dawai ( $N$ )
- $m$  = massa dawai ( $kg$ )

#### b. Sumber Bunyi Pipa Organa

Pipa organa merupakan alat yang menggunakan kolom udara berbentuk tabung atau silinder sebagai sumber bunyi (Mikrajuddin, 2017). Salah satu ujung terbuka sebagai tempat meniupkan udara sementara ujung lainnya dapat terbuka atau tertutup. Pipa organa terbagi menjadi dua yaitu pipa organa terbuka (kedua ujungnya terbuka) dan pipa organa tertutup (salah satu ujungnya terbuka) (Mikrajuddin, 2017).

##### 1) Pipa Organa Terbuka

Pipa organa terbuka merupakan tabung yang terbuka di kedua ujungnya. Sebuah pipa organa jika ditiup akan menghasilkan frekuensi nada dengan pola-pola gelombang yang dapat dilihat pada gambar berikut (Naqiyah, 2019).



**Gambar 2.2 Pola Gelombang Pipa Organa Terbuka.**  
**Sumber: [Naqiyah, 2019]**

a) Nada Dasar

Jika sepanjang pipa organa terbuka terbentuk  $\frac{1}{2}$  gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada dasar (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang pipa organa pada nada dasar adalah  $l = \frac{1}{2} \lambda_0$  atau  $\lambda_0 = 2l$ . Apabila frekuensi nada dasar dilambangkan dengan  $f_0$ , maka besar frekuensi bunyi pipa organa terbuka pada nada dasar dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{2l} \quad (2.12)$$

b) Nada Atas ke-1

Jika sepanjang pipa organa terbuka terbentuk 1 gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ke-1 (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang pipa organa terbuka pada nada atas ke-1 adalah  $l = \lambda_1$  atau  $\lambda_1 = l$ . Apabila frekuensi nada atas ke-1 dilambangkan dengan  $f_1$ , maka besar frekuensi bunyi pipa organa terbuka pada nada atas ke-1 dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{l} = 2 \left( \frac{v}{2l} \right) \quad (2.13)$$



## c) Nada Atas ke-2

Jika sepanjang pipa organa terbuka terbentuk 1,5 gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ke-2 (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang pipa organa terbuka pada nada atas ke-2 adalah  $l = \frac{3}{2}\lambda_2$  atau  $\lambda_2 = \frac{2}{3}l$ . Apabila frekuensi nada atas ke-2 dilambangkan dengan  $f_2$ , maka besar frekuensi bunyi pipa organa terbuka pada nada atas ke-2 dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{\frac{2}{3}l} = \frac{3v}{2l} = 3 \left( \frac{v}{2l} \right) \quad (2.14)$$

## d) Nada Atas ke-3

Jika sepanjang pipa organa terbuka terbentuk 2 gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ke-3 (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang pipa organa terbuka pada nada atas ke-3 adalah  $l = 2\lambda_3$  atau  $\lambda_3 = \frac{1}{2}l$ . Apabila frekuensi nada atas ke-3 dilambangkan dengan  $f_3$ , maka besar frekuensi bunyi pipa organa terbuka pada nada atas ke-3 dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{v}{\frac{1}{2}l} = \frac{2v}{l} = 4 \left( \frac{v}{2l} \right) \quad (2.15)$$

Berdasarkan persamaan-persamaan tersebut dapat dikatakan bahwa perbandingan frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh pipa organa terbuka dengan frekuensi nada dasarnya merupakan perbandingan bilangan bulat (Naqiyah, 2019).

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots = \frac{v}{2l} : 2 \left( \frac{v}{2l} \right) : 3 \left( \frac{v}{2l} \right) : 4 \left( \frac{v}{2l} \right) : \dots = 1 : 2 : 3 : 4 : \dots \quad (2.16)$$

Adapun secara umum, persamaan frekuensi bunyi pada pipa organa terbuka dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$l = (n + 1) \frac{1}{2} \lambda$$

$$f_n = (n + 1) f_0 = \frac{(n+1)v}{2l} \quad (2.17)$$

Keterangan:

$f_n$  = frekuensi nada pipa organa terbuka ke- $n$  (Hz)

$f_0$  = frekuensi nada dasar pipa organa terbuka (Hz)

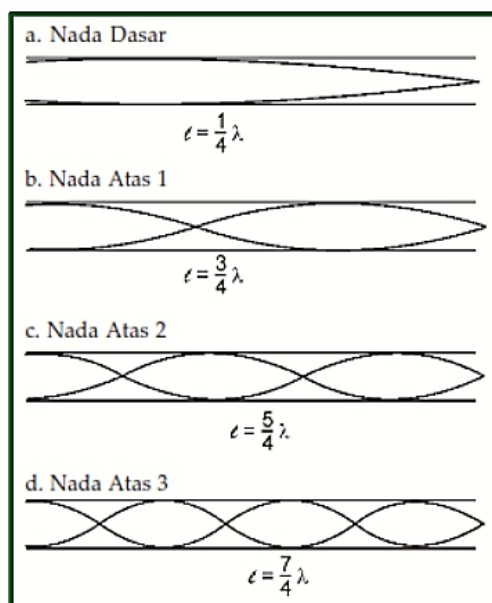
$n$  = urutan nada pipa organa terbuka (0,1, 2, 3, dst)

$v$  = kelajuan gelombang bunyi pada pipa organa terbuka (m/s)

$l$  = panjang pipa organa terbuka (m)

## 2) Pipa Organa Tertutup

Pipa organa tertutup merupakan pipa organa dengan salah satu ujung tabung terbuka sedangkan ujung lainnya tertutup (Radika, 2022). Sebuah pipa organa tertutup jika ditiup akan menghasilkan frekuensi nada dengan pola-pola gelombang yang dapat dilihat pada gambar berikut (Naqiyah, 2019).



**Gambar 2.3 Pola Gelombang Pipa Organa Tertutup.**  
**Sumber: [Naqiyah, 2019]**

### a) Nada Dasar

Jika sepanjang pipa organa tertutup terbentuk  $\frac{1}{4}$  gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada dasar (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang pipa organa tertutup pada nada dasar adalah  $l = \frac{1}{4} \lambda_0$  atau  $\lambda_0 = 4l$ . Apabila frekuensi nada

dasar dilambangkan dengan  $f_0$ , maka besar frekuensi bunyi pipa organa tertutup pada nada dasar dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{4l} \quad (2.18)$$

b) Nada Atas ke-1

Jika sepanjang pipa organa tertutup terbentuk  $\frac{3}{4}$  gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ke-1 (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang pipa organa tertutup pada nada atas ke-1 adalah  $l = \frac{3}{4}\lambda_1$  atau  $\lambda_1 = \frac{4}{3}l$ . Apabila frekuensi nada atas ke-1 dilambangkan dengan  $f_1$ , maka besar frekuensi bunyi pipa organa tertutup pada nada atas ke-1 dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{\frac{4}{3}l} = \frac{3v}{4l} = 3\left(\frac{v}{4l}\right) \quad (2.19)$$

c) Nada Atas ke-2

Jika sepanjang pipa organa tertutup terbentuk  $\frac{5}{4}$  gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ke-2 (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang pipa organa tertutup pada nada atas ke-2 adalah  $l = \frac{5}{4}\lambda_2$  atau  $\lambda_2 = \frac{4}{5}l$ . Apabila frekuensi nada atas ke-2 dilambangkan dengan  $f_2$ , maka besar frekuensi bunyi pipa organa tertutup pada nada atas ke-2 dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{\frac{4}{5}l} = \frac{5v}{4l} = 5\left(\frac{v}{4l}\right) \quad (2.20)$$

d) Nada Atas ke-3

Jika sepanjang pipa organa tertutup terbentuk  $\frac{7}{4}$  gelombang, maka nada yang dihasilkan disebut nada atas ke-3 (Naqiyah, 2019). Sehingga panjang pipa organa tertutup pada nada atas ke-3 adalah  $l = \frac{7}{4}\lambda_3$  atau  $\lambda_3 = \frac{4}{7}l$ . Apabila frekuensi nada atas ke-3 dilambangkan dengan  $f_3$ , maka besar frekuensi bunyi pipa organa tertutup pada nada atas ke-3 dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{v}{\frac{4}{7}l} = \frac{7v}{4l} = 7\left(\frac{v}{4l}\right) \quad (2.21)$$

Berdasarkan persamaan-persamaan tersebut dapat dikatakan bahwa perbandingan frekuensi nada-nada yang dihasilkan oleh pipa organa tertutup dengan frekuensi nada dasarnya merupakan perbandingan bilangan ganjil (Naqiyah, 2019).

$$f_0 : f_1 : f_2 : f_3 : \dots = \frac{v}{4l} : 3\left(\frac{v}{4l}\right) : 5\left(\frac{v}{4l}\right) : 7\left(\frac{v}{4l}\right) : \dots = 1 : 3 : 5 : 7 : \dots \quad (2.22)$$

Adapun secara umum, persamaan frekuensi bunyi pada pipa organa tertutup dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$l = (2n + 1) \frac{1}{4} \lambda$$

$$f_n = (2n + 1)f_0 = \frac{(2n + 1)v}{4l} \quad (2.23)$$

Keterangan:

$f_n$  = frekuensi nada pipa organa tertutup ke-n (*Hz*)

$f_0$  = frekuensi nada dasar pipa organa tertutup (*Hz*)

$n$  = urutan nada pipa organa tertutup (1, 2, 3, *dst*)

$v$  = kelajuan gelombang bunyi pada pipa organa tertutup (*m/s*)

$l$  = panjang pipa organa tertutup (*m*)

#### 4.1.1.5 Intensitas dan Taraf Intensitas

Kekuatan bunyi dapat dikatakan sebagai banyaknya energi yang dibawa gelombang bunyi. Agar pengukuran kekuatan bunyi mudah untuk dilakukan maka didefinisikan suatu besaran untuk menyatakan kekuatan bunyi yaitu intensitas bunyi (Mikrajuddin, 2017). Secara umum, definisi intensitas bunyi adalah daya yang dipancarkan tiap satuan luas atau energi gelombang bunyi yang merambat menembus permukaan bidang tiap satuan luas tiap detiknya. Pernyataan tersebut kemudian dapat dirumuskan dalam persamaan berikut (Mikrajuddin, 2017).

$$I = \frac{P}{A} \rightarrow \frac{P}{4\pi r^2} \quad (2.24)$$

Keterangan:

$I$  = intensitas bunyi ( $watt/m^2$ )

$P$  = daya bunyi ( $watt$ )

$A$  = luas bidang permukaan ( $m^2$ )

Telinga manusia umumnya dapat mendeteksi intensitas gelombang bunyi paling rendah sebesar  $10^{-12} watt/m^2$  dan paling tinggi tanpa menimbulkan rasa sakit sebesar  $1 watt/m^2$ . Di mana intensitas gelombang bunyi paling rendah yang dapat didengar oleh manusia disebut juga sebagai ambang batas pendengaran manusia, sedangkan intensitas gelombang bunyi paling tinggi tanpa menimbulkan rasa sakit disebut sebagai ambang batas perasaan (Radika, 2022). Untuk menghindari penggunaan variasi angka yang sangat besar, maka didefinisikan suatu besaran yang dinamakan taraf intensitas dan dapat dirumuskan dalam persamaan berikut (Mikrajuddin, 2017).

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (2.25)$$

Keterangan:

$TI$  = taraf intensitas bunyi ( $dB$ )

$I$  = intensitas bunyi ( $watt/m^2$ )

$I_0$  = intensitas ambang pendengaran ( $10^{-12} watt/m^2$ )

Adapun intensitas dari berbagai bunyi dapat dilihat pada Tabel 6 berikut (Giancoli, 2001).

**Tabel 2.5 Intensitas Berbagai Macam Bunyi**

No	Sumber Bunyi	Tingkat Bunyi (dB)	Intensitas Bunyi ( $watt/m^2$ )
1.	Pesawat jet pada jarak 30 m	140	100
2.	Ambang batas rasa sakit	120	1
3.	Sirine pada jarak 30 m	100	$1 \times 10^{-2}$
4.	Lalu lintas jalan padat	70	$1 \times 10^{-5}$
5.	Berbicara pada jarak 50 cm	65	$3 \times 10^{-6}$
6.	Radio pelan	40	$1 \times 10^{-8}$
7.	Bisikan	20	$1 \times 10^{-10}$
8.	Gemerisik dedaunan	10	$1 \times 10^{-11}$
9.	Batas pendengaran	0	$1 \times 10^{-12}$

Sumber : Douglas C. Giancoli (2001)

#### 4.1.1.6 Efek Doppler

Efek Doppler pertama kali dikemukakan oleh seorang ilmuwan bernama Austria Christian Doppler pada abad ke-19 (Radika, 2022). Secara umum, Efek Doppler mengatakan bahwa frekuensi suatu gelombang akan bertambah tinggi ketika sumber bunyi atau pendengar atau keduanya bergerak saling mendekati dan akan bertambah rendah ketika sumber bunyi atau pendengar atau keduanya bergerak saling menjauhi (Naqiyah, 2019). Adapun persamaan Efek Doppler dapat dirumuskan sebagai berikut (Naqiyah, 2019).

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \quad (2.26)$$

Keterangan:

$f_p$  = frekuensi bunyi yang diterima pendengar (Hz)

$f_s$  = frekuensi sumber bunyi (Hz)

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

$+v_p$  = kecepatan pendengar saat mendekati sumber bunyi (m/s)

$-v_p$  = kecepatan pendengar saat menjauhi sumber bunyi (m/s)

$+v_s$  = kecepatan sumber bunyi saat menjauhi pendengar (m/s)

$-v_s$  = kecepatan sumber bunyi saat mendekati pendengar (m/s)

## 2.2 Hasil yang Relevan

Hasil penelitian yang relevan dengan penelitian yang berjudul “Implementasi Model Pembelajaran *Physics Independent Learning* (PIL) dalam Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah pada Materi Gelombang Bunyi” adalah sebagai berikut:

- a. Amalia, dkk. (2021) dengan penelitiannya yang berjudul “*Problem-solving Skill Based on Learning Independence through Assistance in Independent Learning with Entrepreneurial-nuanced Modules*”. Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa peningkatkan keterampilan pemecahan masalah dipengaruhi oleh kemandirian belajar peserta didik di mana pembelajaran mandiri juga dapat mempengaruhi kedewasaan peserta didik dalam menyelesaikan suatu permasalahan sains.

- b. Wardhani, dkk. (2021) melakukan penelitian terkait implementasi model *Physics Independent Learning* untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika peserta didik. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kemampuan peserta didik dalam hal pemecahan masalah Fisika yang signifikan di kelas eksperimen setelah diterapkan model pembelajaran *Physics Independent Learning* (PIL) di MAN 6 Aceh Besar dengan nilai N-gain 0,79 yang termasuk dalam kategori tinggi.
- c. Sunga, dkk. (2019) melakukan penelitian terkait pengaruh implementasi model *Physics Independent Learning* (PIL) terhadap hasil belajar peserta didik pada pembelajaran Fisika. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa terdapat pengaruh implementasi model PIL terhadap hasil belajar peserta didik dilihat dari perbedaan hasil belajar peserta didik yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran PIL dengan hasil belajar peserta didik yang dibelajarkan dengan menggunakan model pembelajaran PBL. Hal tersebut dapat dilihat dari skor rata-rata hasil belajar peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol yang memiliki perbedaan di mana untuk kelas eksperimen skor rata-rata hasil belajar lebih tinggi yaitu 95,71 sedangkan untuk kelas kontrol skor rata-rata hasil belajar peserta didik yaitu 78,03.
- d. Pandiagan, dkk. (2018) dengan penelitiannya yang berjudul "*The Validity and Effectiveness of Physics Independent Learning Model to Improve Physics Problem Solving and Selfdirected Learning Skills of Student in Open and Distance Education Systems*". Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa model *Physics Independent Learning* (PIL) valid dan efektif untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah fisika dan keterampilan belajar mandiri peserta didik.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah disebutkan di atas, dapat disimpulkan bahwa penerapan model *Physics Independent Learning* (PIL) dalam pembelajaran Fisika memiliki tujuan untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan keterampilan belajar mandiri peserta didik. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu indikator yang akan diteliti difokuskan pada indikator keterampilan pemecahan masalah peserta didik di mana

indikator keterampilan pemecahan masalah digunakan diadaptasi dari Polya, kemudian materi fisika yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelombang bunyi serta diteliti pada peserta didik kelas XI MIPA MAN 2 Tasikmalaya tahun ajaran 2023/2024.

### **2.3 Kerangka Konseptual**

Pembelajaran pada abad 21 dititikberatkan pada keahlian peserta didik dalam merumuskan suatu permasalahan, berpikir analitis, menggunakan berbagai sumber untuk memperoleh informasi, dan bekerja sama dalam menyelesaikan masalah. Terdapat empat keterampilan utama yang penting dimiliki peserta didik untuk mendukung pendidikan abad 21. Keterampilan tersebut ialah berpikir kritis dan memecahkan masalah (*critical thinking and problem solving*), berpikir kreatif (*creative thinking*), berkomunikasi (*communication*), dan berkolaborasi (*collaboration*). Memecahkan masalah merupakan bagian dari keterampilan abad 21 yang dapat membantu dan menunjang kehidupan di masa yang akan datang. Pentingnya keterampilan pemecahan masalah bagi peserta didik ini sesuai dengan tujuan pembelajaran Fisika menurut Permendiknas Nomor 22 Tahun 2006 yang menyatakan bahwa peserta didik mampu mengembangkan kemampuan bernalar dan berpikir kritis untuk menjelaskan berbagai peristiwa alam dan menyelesaikan berbagai masalah.

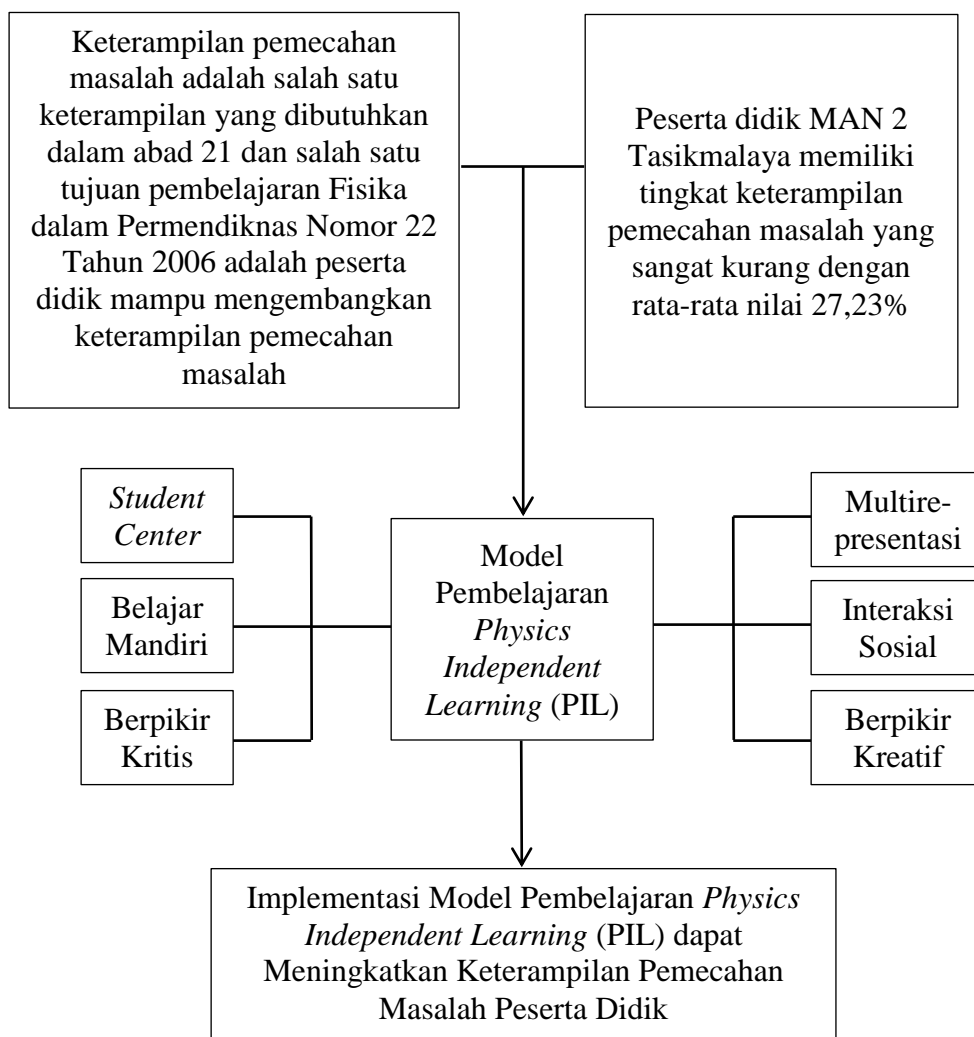
Hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan di MAN 2 Tasikmalaya pada kelas XI MIPA dengan metode wawancara dan tes keterampilan pemecahan masalah menunjukkan bahwa keterampilan pemecahan masalah peserta didik masih kurang. Menurut hasil wawancara dengan guru mata pelajaran Fisika, berdasarkan pengamatan dan analisisnya mayoritas peserta didik belum mampu menyelesaikan permasalahan yang disajikan secara mandiri karena pemahaman konsep Fisika mereka mayoritas masih kurang. Kemudian, berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa peserta didik diperoleh informasi bahwa sebagian besar dari mereka seringkali merasa kesulitan dan kebingungan dalam menyelesaikan permasalahan yang disajikan oleh guru secara mandiri walaupun mereka memahami permasalahan atau pertanyaan yang disajikan. Hal tersebut



dibuktikan dengan hasil tes keterampilan pemecahan masalah peserta didik yang telah dilakukan termasuk dalam kategori sangat kurang.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu adanya perbaikan dalam proses pembelajaran Fisika. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menerapkan model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan dapat membantu meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Salah satu model yang dapat diterapkan yaitu *Physics Independent Learning* (PIL). Menurut beberapa referensi, model *Physics Independent Learning* (PIL) dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik karena dengan menggunakan model ini pembelajaran menjadi berpusat pada peserta didik, mengembangkan kemandirian belajar peserta didik, mengembangkan keterampilan berpikir kritis, mengembangkan kemampuan multirepresentasi, membangun interaksi sosial untuk memecahkan suatu permasalahan, dan mengembangkan kemampuan berpikir kreatif yang tentunya dapat menunjang peserta didik dalam memecahkan suatu permasalahan. Model *Physics Independent Learning* (PIL) dikembangkan berdasarkan kajian dan analisis dari model *Problem Based Learning* (PBL) dan *Cooperative Learning* (CL) dengan pendekatan saintifik. *Physics Independent Learning* (PIL) merupakan model pembelajaran sains inovatif yang dapat mendorong setiap individu untuk memecahkan suatu permasalahan secara mandiri.

*Physics Independent Learning* (PIL) dapat digunakan sebagai upaya untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik dalam pembelajaran Fisika dan peneliti menduga bahwa implementasi model *Physics Independent Learning* (PIL) dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Adapun kerangka konseptual dalam penelitian ini dijelaskan dalam gambar berikut.



**Gambar 2.4 Kerangka Konseptual**

## 2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka hipotesis dalam penelitian ini adalah:

$H_0$  : implementasi model pembelajaran *Physics Independent Learning* (PIL) tidak dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah pada materi gelombang bunyi di kelas XI MIPA MAN 2 Tasikmalaya tahun ajaran 2023/2024 dibandingkan dengan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL).

$H_a$  : implementasi model pembelajaran *Physics Independent Learning* (PIL)

dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah pada materi gelombang bunyi di kelas XI MIPA MAN 2 Tasikmalaya tahun ajaran 2023/2024 dibandingkan dengan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL).