

BAB 2 TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Keterampilan Proses Sains

Keterampilan proses sains merupakan salah satu keterampilan yang harus dilatihkan kepada peserta didik supaya lebih aktif dalam mengikuti proses pembelajaran. Keterampilan proses sains diperlukan oleh peserta didik dalam mempelajari ilmu pengetahuan (Patonah *et al.*, 2020). Menurut Fajriah *et al.*, (2017), keterampilan proses sains didaptasi dari keterampilan para ilmuwan dimana sejumlah keterampilannya tidak dapat dipisahkan dalam membangun sebuah pengetahuan, memecahkan suatu permasalahan serta menarik simpulan. Sedangkan menurut Gasila *et al.*, (2019), keterampilan proses sains lebih menekankan pada suatu proses untuk menemukan sesuatu dengan menggunakan keterampilan-keterampilan ilmiah.

Menurut Iliaki *et al.*, (2019), keterampilan proses sains melibatkan proses berpikir untuk mencapai pengalaman bermakna yang terbentuk melalui suatu proses ilmiah. Keterampilan proses sains peserta didik dapat dilatih dan dikembangkan dengan menerapkan metode praktikum dalam pembelajaran di kelas (Afsas *et al.*, 2023). Keterampilan proses sains dilakukan untuk menumbuhkembangkan kreativitas peserta didik, berpikir dan bersikap mandiri, serta terampil dalam memecahkan suatu permasalahan (Yatnikasari *et al.*, 2021). Keterampilan proses sains juga memiliki relevansi yang erat dengan hasil belajar peserta didik, sehingga keterampilan proses sains merupakan salah satu keterampilan yang dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik.

Dalam mengukur keterampilan tersebut, peneliti menggunakan indikator keterampilan proses sains menurut Warianto, (2011). Hal ini dikarenakan indikator keterampilan proses sains tersebut memiliki keterkaitan dengan sintaks model yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Questioning, Organizing, Doing,* dan *Evaluating*. Adapun indikator keterampilan proses sains menurut Warianto, (2011) tersaji pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Indikator Keterampilan Proses Sains

No	Indikator	Aktivitas
1	Mengamati	Menggunakan indera penglihatan untuk mengamati suatu gambar yang berkaitan dengan konsep.
2	Mengelompokkan	Mengontraskan ciri-ciri serta mencari dasar pengelompokkan atau penggolongan.
3	Menafsirkan	Menemukan pola dalam suatu seri pengamatan berdasarkan tabel yang disediakan.
4	Memprediksi	Menggunakan pola-pola hasil pengamatan sehingga dapat meramalkan hasil percobaan.
5	Melakukan komunikasi	Menggambarkan tabel data empiris hasil percobaan, serta menyampaikan laporan secara sistematis berdasarkan percobaan.
6	Mengajukan pertanyaan	Mendiskusikan hasil kegiatan atau pengamatan sehingga peserta didik dapat mengajukan pertanyaan.
7	Mengajukan hipotesis	Menyadari bahwa penjelasan perlu diuji kebenarannya sehingga peserta didik dapat mengajukan hipotesis berdasarkan percobaan.
8	Merencanakan percobaan	Menentukan alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan, serta menentukan variabel atau faktor penentu pada suatu percobaan.
9	Menggunakan alat dan bahan	Mengetahui bagaimana menggunakan alat dan bahan pada suatu percobaan.
10	Menerapkan konsep	Menggunakan konsep yang telah dipelajari pada suatu percobaan.

(Sumber: Wariato, 2011)

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk melatih keterampilan proses sains peserta didik di sekolah yaitu dengan mengkondisikan lingkungan belajar seperti melibatkan partisipasi aktif peserta didik (Mahmudah *et al.*, 2019). Hal ini dapat dilakukan dengan menerapkan model pembelajaran yang lebih merangsang keaktifan peserta didik dalam bertanya dan menemukan konsep melalui kegiatan praktikum. Maka, model pembelajaran yang cocok untuk meningkatkan

keterampilan proses sains yaitu model pembelajaran *Questioning, Organizing, Doing, and Evaluating (QODE)*.

2.1.2 Model Pembelajaran *Questioning, Organizing, Doing and Evaluating (QODE)*

Model pembelajaran *Questioning, Organizing, Doing, and Evaluating (QODE)* merupakan model pembelajaran yang disusun dan dikembangkan berdasarkan teori belajar konstruktivisme dan keterampilan bertanya (Irawati, 2017). Menurut Moreno, (2010) teori belajar konstruktivisme dapat mendorong peserta didik untuk membangun pengetahuannya sendiri secara aktif dengan orang lain dan lingkungannya. Model *QODE* ini dikembangkan oleh (Irawati, 2017), yang bertujuan untuk lebih merangsang keaktifan peserta didik dalam bertanya dan menemukan konsep melalui kegiatan praktikum. Selain itu, model ini dikembangkan untuk meningkatkan partisipasi peserta didik sehingga pembelajaran dapat berhasil.

Menurut Irawati (2017), model pembelajaran *QODE* dapat menjadikan peserta didik lebih siap dalam mengikuti proses pembelajaran, yang diawali dengan cara mengamati gambar terkait konsep sehingga akan lebih mudah dalam mengikuti pembelajaran. Gambar bisa menunjukkan konsep yang abstrak dimana ini sejalan dengan pemrosesan informasi yang berupa visual, dan selaras dengan *visuospatial sketchpad* pada memori kerja (Moreno, 2010). Gambar merupakan media yang paling umum dipakai, dengan memanfaatkan media gambar dapat membantu mendorong minat peserta didik dalam belajar (Bayudi, 2020).

Model *QODE* berkaitan erat dengan keterampilan bertanya peserta didik. Keterampilan bertanya merupakan komponen yang sangat penting dalam pembelajaran sains, karena terdapat dalam tahap penelitian ilmiah (Nurramadhani, 2019). Keterampilan bertanya menjadi alat ukur dalam berpikir karena dapat membantu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep yang dipelajari (Agustini, 2017). Keterampilan bertanya sangat penting karena berkaitan erat dengan rasa ingin tahu peserta didik, yang dibutuhkan untuk mengamati suatu keadaan yang dapat membantu peserta didik dalam membangun pengetahuan (Salamah *et al.*, 2022).

Berdasarkan pemaparan di atas dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *QODE* merupakan model pembelajaran yang menuntut kemampuan bertanya dalam membangun sebuah pengetahuan melalui pengalaman. Menurut Irawati (2017), peran guru dalam model pembelajaran *QODE* yaitu menyajikan stimulus berupa suatu gambar yang dapat merangsang keterampilan bertanya peserta didik, membimbing peserta didik dalam menyusun pertanyaan, membimbing berjalannya diskusi, memfasilitasi kegiatan penyelidikan, serta mengevaluasi hasil belajar peserta didik. Langkah-langkah atau sintaks model *QODE* menurut (Irawati, 2017) ditunjukkan oleh Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Sintaks Model *QODE* menurut (Irawati, 2017)

Tahap	Kegiatan Peserta Didik	Kegiatan Guru
Kemampuan bertanya (<i>Questioning</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik mengamati sebuah gambar terkait fenomena efek Doppler dan intensitas bunyi. • Peserta didik menyusun pertanyaan berkaitan dengan gambar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru menampilkan gambar berkaitan dengan konsep. • Guru membimbing peserta didik menyusun pertanyaan.
Mengorganisasi peserta didik (<i>Organizing</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik diskusi secara berkelompok dan mengemukakan jawaban hasil diskusi. • Melakukan diskusi antara kelompok yang mengemukakan jawaban dengan kelompok yang lain. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing diskusi kelompok dan diskusi kelas
Mengumpulkan data dan mengolah data (<i>Doing</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik merencanakan praktikum dan mengumpulkan data untuk membuktikan kesimpulan diskusi kelas. • Peserta didik dapat membuat kesimpulan dan rancangan presentasi hasil praktikum. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing peserta didik untuk melakukan langkah kerja dan memperoleh data kegiatan praktikum • Guru mengarahkan agar peserta didik dapat melakukan diskusi untuk menyusun kesimpulan dan membuat rancangan presentasi.

Tahap	Kegiatan Peserta Didik	Kegiatan Guru
Mengevaluasi hasil belajar (<i>Evaluating</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik mempresentasikan hasil diskusi • Kelompok pendengar menanggapi pemaparan kelompok penyaji. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru melakukan evaluasi pembelajaran.

(Sumber: Irawati, 2017)

Keterkaitan antara sintaks model pembelajaran *Questioning, Organizing, Doing, and Evaluating (QODE)* dengan keterampilan proses sains dapat dilihat pada Tabel 2. 3.

Tabel 2. 3 Keterkaitan Sintaks QODE dengan Indikator KPS

Tahap	Kegiatan Peserta Didik	Kegiatan Guru	Indikator KPS
<i>Questioning</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik mengamati sebuah gambar terkait konsep fisika. • Peserta didik menyusun pertanyaan berkaitan dengan gambar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru menampilkan gambar berkaitan dengan konsep. • Guru membimbing peserta didik menyusun pertanyaan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengamati, mengajukan pertanyaan, dan mengajukan hipotesis.
<i>Organizing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik diskusi secara berkelompok dan mengemukakan jawaban hasil diskusi. • Melakukan diskusi antara kelompok yang mengemukakan jawaban dengan kelompok yang lain. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing diskusi kelompok dan diskusi kelas 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengelompokkan
<i>Doing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik merencanakan 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru membimbing 	<ul style="list-style-type: none"> • Menafsirkan, memprediksi,

Tahap	Kegiatan Peserta Didik	Kegiatan Guru	Indikator KPS
	praktikum dan mengumpulkan data untuk membuktikan kesimpulan diskusi kelas menggunakan aplikasi android yaitu <i>Frequency Sound Generator</i> , <i>frequency counter</i> , dan <i>Sound Meter</i> . <ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik dapat membuat kesimpulan dan rancangan presentasi hasil praktikum. 	dalam memperoleh data kegiatan praktikum <ul style="list-style-type: none"> • Guru mengarahkan agar peserta didik melakukan diskusi untuk menyusun kesimpulan dan membuat rancangan presentasi. 	merencanakan percobaan, dan menggunakan alat dan bahan.
<i>Evaluating</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik mempresentasikan hasil diskusi • Kelompok pendengar menanggapi pemaparan kelompok penyaji. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guru melakukan evaluasi pembelajaran. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menerapkan konsep, dan melakukan komunikasi

- a. Sintaks *Questioning* dapat dikaitkan dengan indikator keterampilan proses sains yaitu mengamati, mengajukan pertanyaan, dan mengajukan hipotesis. Pada tahapan ini indikator mengamati dilatihkan pada saat guru menampilkan gambar yang berkaitan dengan konsep, kemudian peserta didik mengamati gambar tersebut secara teliti. Sedangkan indikator mengajukan pertanyaan dan mengajukan hipotesis dilatihkan pada saat peserta didik harus menyusun pertanyaan serta hipotesis yang berkaitan dengan gambar.

- b. Sintaks *Organizing* dapat dikaitkan dengan indikator keterampilan proses sains yaitu mengelompokkan. Pada tahapan ini indikator mengelompokkan dilatihkan pada saat peserta didik diharuskan mengumpulkan dan mengelompokkan informasi yang mendasari konsep yang sedang dipelajari.
- c. Sintaks *Doing* dapat dikaitkan dengan indikator keterampilan proses sains yaitu menafsirkan, merencanakan percobaan, menggunakan alat dan bahan, dan memprediksi. Pada tahapan ini indikator merencanakan percobaan dan menggunakan alat dan bahan dilatihkan pada saat peserta didik harus merencanakan kegiatan praktikum dan mengumpulkan data. Peserta didik dituntut untuk mampu menentukan alat dan bahan serta mengetahui cara menggunakan alat dan bahan untuk melakukan percobaan. Selain itu, indikator memprediksi dilatihkan pada saat siswa diminta untuk menggunakan pola-pola hasil pengamatan. Serta indikator menafsirkan dilatihkan pada saat peserta didik telah melakukan percobaan untuk menghubungkan hasil-hasil pengamatan dan membuat kesimpulan.
- d. Sintaks *Evaluating* dapat dikaitkan dengan indikator keterampilan proses sains yaitu mengajukan pertanyaan, menerapkan konsep, dan melakukan komunikasi. Pada tahap ini peserta didik dapat menjelaskan pengalaman yang sedang terjadi dan menyimpulkan hasil pembelajaran.

Terdapat beberapa kelebihan model pembelajaran *QODE* yang akan memberikan pengaruh terhadap keterampilan proses sains, berdasarkan kajian yang telah peneliti lakukan yaitu sebagai berikut:

- a. Mendorong peserta didik untuk berpikir secara mandiri dan mengembangkan keterampilan bertanya dari setiap peserta didik. Berdasarkan kelebihan ini, model *QODE* dapat melatih indikator keterampilan proses sains yaitu peserta didik dapat mengajukan hipotesis, mengajukan pertanyaan, mengamati, menafsirkan, dan memprediksi.
- b. Mengembangkan potensi yang dimiliki peserta didik baik pengetahuan, fisik, dan keterampilan sosial. Berdasarkan kelebihan ini, model *QODE* dapat melatih indikator keterampilan proses sains yaitu merencanakan percobaan, menggunakan alat dan bahan, dan mengelompokkan.

- c. Pembelajaran berpusat pada peserta didik, karena peserta didik dituntut untuk aktif secara mandiri dan memverifikasi konsep melalui kegiatan praktikum. Berdasarkan kelebihan ini, model *QODE* dapat melatih indikator keterampilan proses sains yaitu melakukan komunikasi dan menerapkan konsep.

2.1.3 Materi Gelombang Bunyi

a. Karakteristik Gelombang Bunyi

Terdapat beberapa karakteristik gelombang bunyi diantaranya yaitu:

- 1) Adanya sumber bunyi

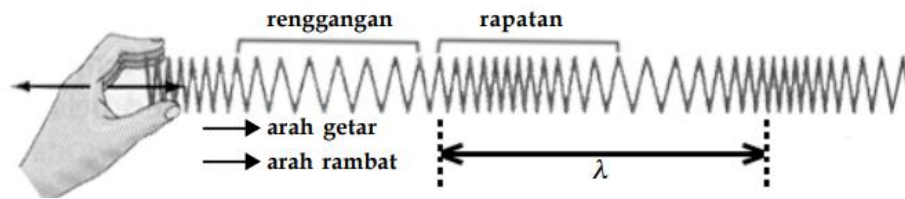
Gelombang bunyi ada apabila ada sumber bunyi. Bunyi dihasilkan oleh benda yang bergetar. Contoh sumber bunyi adalah pita suara, seruling, dan dawai gitar (Indarti *et al.*, 2016).

- 2) Gelombang bunyi memerlukan medium untuk merambat

Gelombang bunyi merupakan salah satu gelombang mekanik. Gelombang mekanik adalah gelombang yang membutuhkan medium untuk merambat. Syarat terjadi dan terdengarnya bunyi oleh manusia ada empat aspek. Pertama, ada sumber bunyi yang merupakan benda yang bergetar. Kedua, energi dipindahkan dari sumber bunyi merambat melalui medium. Ketika sumber bunyi menghasilkan getaran, molekul disekitarnya bergantian bergerak dan berdesakan sehingga menciptakan gelombang bunyi. Ketiga, bunyi dideteksi oleh telinga atau sebuah alat. Keempat, frekuensi sumber bunyi adalah 20-20.000 Hz (Indarti *et al.*, 2016).

- 3) Arah rambatnya sejajar dengan arah getarnya

Gelombang bunyi termasuk ke dalam gelombang longitudinal. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getarnya. Besar kecilnya cepat rambat bunyi bergantung pada jenis mediumnya (Indarti *et al.*, 2016). Gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getarnya ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Arah Rambat Sejajar dengan Arah Getar (Saripudin *et al.*, 2009)

b. Cepat Rambat Gelombang Bunyi

Besar kecilnya cepat rambat bunyi bergantung pada jenis mediumnya. Semakin rapat medium maka bunyi akan semakin cepat (Indarti *et al.*, 2016).

1) Zat Padat

Besar cepat rambat bunyi zat padat dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

Keterangan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

E = modulus young zat padat (N/m²)

ρ = massa jenis zat padat (kg/m³)

2) Zat Cair

Besar cepat rambat bunyi zat cair dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2)$$

Keterangan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

B = modulus bulk zat cair (N/m²)

ρ = massa jenis zat cair (kg/m³)

3) Zat Gas

Besar cepat rambat bunyi zat gas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} \quad (3)$$

Keterangan:

v = cepat rambat bunyi (m/s)

γ = konstanta Laplace (N/m²)

R = konstanta gas umum (8,314 J/mol K)

T = suhu mutlak gas(K)

M = massa molekul relatif gas

c. Efek Doppler

Efek Doppler ditemukan oleh seorang ahli fisika dari Salzburg, Austria, bernama Christian Doppler pada tahun 1842. Efek Doppler terjadi ketika terdapat suatu gerak relatif antara sumber gelombang dan pengamat. Ketika sumber bunyi dan pengamat bergerak saling mendekati, pengamat mendengar frekuensi bunyi yang lebih tinggi daripada frekuensi bunyi yang dipancarkan oleh sumber. Sedangkan ketika sumber bunyi dan pengamat bergerak saling menjauhi, pengamat mendengar frekuensi bunyi yang lebih rendah daripada frekuensi sumber bunyi (Indarti *et al.*, 2016).

Efek Doppler terjadi karena frekuensi gelombang dari suatu sumber yang diterima oleh detektor mengalami perubahan akibat perubahan posisi atau pergerakan relatif detektor terhadap sumber gelombang atau sebaliknya. Detektor akan menangkap frekuensi yang lebih tinggi apabila detektor bergerak relatif mendekati sumber, dan akan menangkap frekuensi yang lebih rendah apabila detektor bergerak relatif menjauh terhadap sumber.

Frekuensi yang didengar oleh pengamat dinyatakan oleh persamaan berikut ini:

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \times f_s \quad (4)$$

Keterangan:

f_p = frekuensi yang diterima pendengar (Hz)

f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz)

v_p = kelajuan pendengar (m/s)

v_s = kelajuan sumber bunyi (m/s)

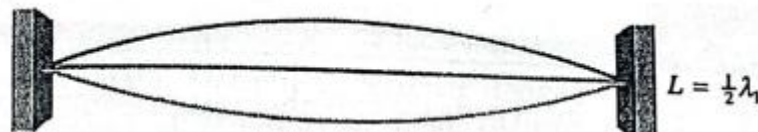
v = kelajuan gelombang bunyi di udara (340 m/s)

d. Fenomena Dawai dan Pipa Organa

1) Dawai

Gitar dapat menghasilkan berbagai nada dengan memetik bagian-bagian tertentu dari dawai. Apabila kedua ujung dawai terikat kemudian digetarkan, maka akan membentuk gelombang stasioner. Getaran ini menghasilkan bunyi dengan nada tertentu. Nada dasar (harmonik pertama) adalah nada yang dihasilkan dengan pola paling sederhana, kemudian secara berturut-turut pola gelombang menghasilkan nada atas pertama (harmonik kedua), nada atas kedua (harmonik ketiga), dan seterusnya.

Apabila setengah gelombang terbentuk di sepanjang dawai seperti pada Gambar 2.2, maka akan menghasilkan nada dasar atau harmonik pertama. Tali dengan panjang L membentuk $L = \frac{1}{2}\lambda$, maka $\lambda = 2L$. Harmonik pertama ditunjukkan oleh Gambar 2.2.

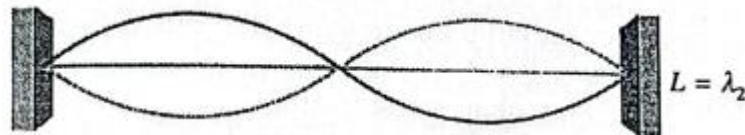


Gambar 2. 2 Harmonik Pertama (Sumber: Giancoli, 2001)

Oleh karena itu, frekuensi untuk harmonik pertama yaitu:

$$f_0 = \frac{v}{2L} \quad (5)$$

Apabila satu gelombang terbentuk di sepanjang dawai seperti yang digambarkan pada Gambar 2.3, maka akan menghasilkan nada atas pertama atau harmonik kedua. Tali dengan panjang L membentuk $L = 1\lambda$ maka $L = \lambda$. Harmonik kedua ditunjukkan oleh Gambar 2.3.

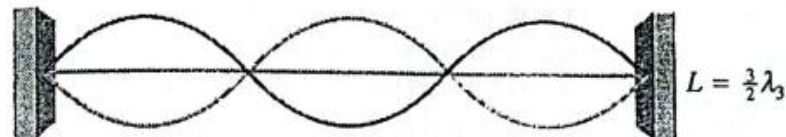


Gambar 2. 3 Harmonik Kedua (Sumber: Giancoli, 2001)

Oleh karena itu, frekuensi untuk harmonik kedua yaitu :

$$f_1 = \frac{v}{L} \quad (6)$$

Apabila $1\frac{1}{2}$ gelombang terbentuk di sepanjang dawai seperti pada Gambar 2.4, maka akan menghasilkan nada atas kedua atau harmonik ketiga. Tali dengan panjang L membentuk $L = 1\frac{1}{2}\lambda$ atau $\frac{3}{2}\lambda$, maka $\lambda = \frac{2}{3}L$. Harmonik ketiga ditunjukkan oleh Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Harmonik Ketiga (Sumber: Giancoli, 2001)

Oleh karena itu, frekuensi untuk harmonik ketiga yaitu:

$$f_2 = \frac{3v}{2L} \quad (7)$$

Frekuensi nada yang dihasilkan bergantung pada pola gelombang yang terbentuk. Dapat disimpulkan bahwa untuk menentukan frekuensi nada atas ke- n dapat menggunakan persamaan:

$$f_n = (n + 1) \frac{v}{2L} \quad (8)$$

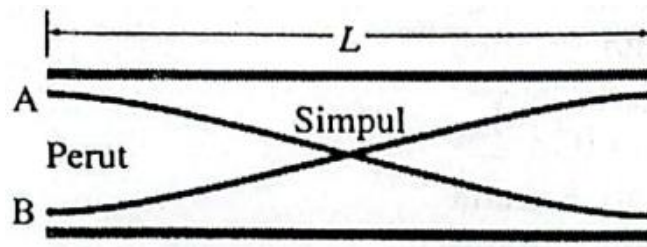
Nilai $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ Nilai n merupakan bilangan yang menyatakan nada dasar, nada atas pertama, nada atas kedua dan seterusnya.

2) Pipa Organa

a) Terbuka

Pipa organa terbuka adalah sebuah kolom udara atau tabung yang kedua ujung penampangnya terbuka (Indarti *et al.*, 2016). Frekuensi yang dihasilkan oleh pipa organa terbuka yaitu nada dasar, nada atas pertama, nada atas kedua, dan seterusnya.

Pada nada dasar terbentuk setengah gelombang, pipa organa dengan panjang L membentuk $L = \frac{1}{2}\lambda$, maka $\lambda = 2L$. Pola gelombang stasioner yang terjadi pada nada dasar pipa organa terbuka ditunjukkan oleh Gambar 2.5.

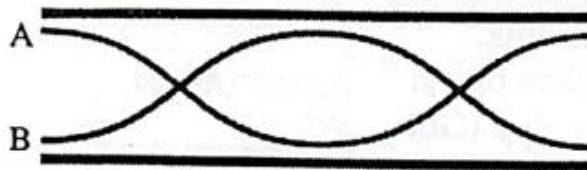


Gambar 2. 5 Nada Dasar Pipa Organa Terbuka (Sumber: Giancoli, 2001)

Persamaan frekuensi nada dasar pipa organa terbuka yang dihasilkan yaitu sebagai berikut:

$$f_0 = \frac{v}{2L} \quad (9)$$

Pada nada atas pertama terbentuk 1 gelombang, pipa organa dengan panjang L membentuk $L = 1\lambda$, maka $\lambda = L$. Pola gelombang stasioner yang terjadi pada nada atas pertama pipa organa terbuka ditunjukkan oleh Gambar 2.6.

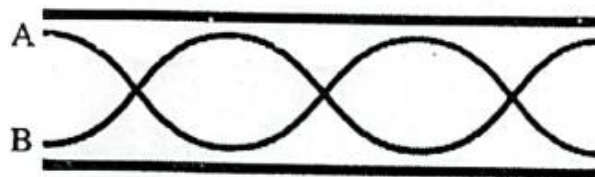


Gambar 2. 6 Nada Atas Pertama Pipa Organa Terbuka (Sumber: Giancoli, 2001)

Persamaan frekuensi nada atas pertama pipa organa terbuka yang dihasilkan yaitu sebagai berikut:

$$f_1 = \frac{v}{L} \quad (10)$$

Pada nada atas kedua terbentuk 1 ½ gelombang, pipa organa dengan panjang L membentuk $L = \frac{3}{2}\lambda$, maka $\lambda = \frac{2}{3}L$. Pola gelombang stasioner yang terjadi pada nada atas kedua pipa organa terbuka ditunjukkan oleh Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Nada Atas Kedua Pipa Organa Terbuka (Sumber: Giancoli, 2001)

Persamaan frekuensi nada atas kedua pipa organa terbuka yang dihasilkan yaitu sebagai berikut:

$$f_2 = \frac{3v}{2L} \quad (11)$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa frekuensi pipa organa terbuka pada nada atas ke-n yaitu:

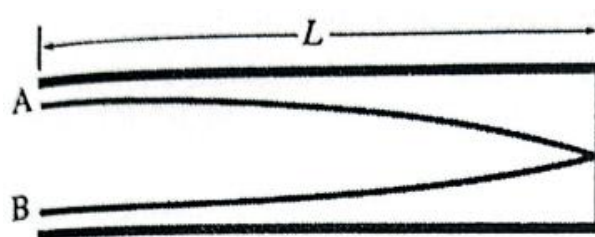
$$f_n = (n + 1) \frac{v}{2L} \quad (12)$$

Nilai $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ Nilai n merupakan bilangan yang menyatakan nada dasar, nada atas pertama, nada atas kedua, dan seterusnya.

b) Tertutup

Pipa organa tertutup merupakan sebuah kolom udara atau tabung yang salah satu ujung penampangannya tertutup (Indarti *et al.*, 2016). Frekuensi nada yang dihasilkan oleh pipa organa tertutup yaitu nada dasar, nada atas pertama, nada atas kedua dan seterusnya.

Pada nada dasar terbentuk $\frac{1}{4}$ gelombang, pipa organa dengan panjang L membentuk $L = \frac{1}{4}\lambda$, maka $\lambda = 4L$. Pola gelombang stasioner pada nada dasar pipa organa tertutup ditunjukkan oleh Gambar 2.8.

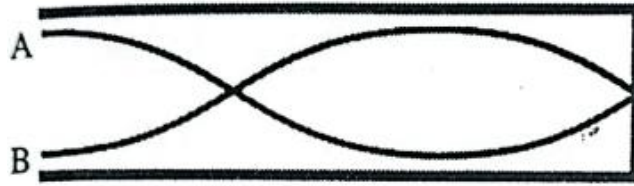


Gambar 2. 8 Nada Dasar Pipa Organa Tertutup (Sumber: Giancoli, 2001)

Persamaan frekuensi nada dasar pipa organa tertutup yang dihasilkan yaitu sebagai berikut:

$$f_0 = \frac{v}{4L} \quad (13)$$

Pada nada atas pertama terbentuk $\frac{3}{4}$ gelombang, pipa organa dengan panjang L membentuk $L = \frac{3}{4}\lambda$, maka $\lambda = \frac{4}{3}L$. Pola gelombang stasioner pada nada atas pertama pipa organa tertutup ditunjukkan oleh Gambar 2.9.

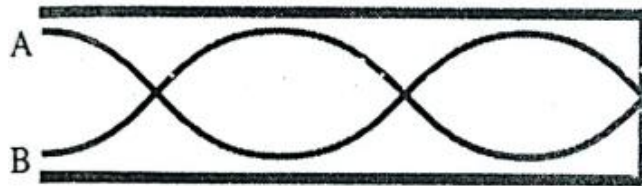


Gambar 2.9 Nada Atas Pertama Pipa Organa Tertutup (Sumber: Giancoli, 2001)

Persamaan frekuensi nada atas pertama pipa organa tertutup yang dihasilkan yaitu sebagai berikut:

$$f_1 = \frac{3v}{4L} \quad (14)$$

Pada nada atas kedua terbentuk $5/4$ gelombang, pipa organa dengan panjang L membentuk $L = \frac{5}{4}\lambda$, maka $\lambda = \frac{4}{5}L$. Pola gelombang stasioner pada nada atas kedua pipa organa tertutup ditunjukkan oleh Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Nada Atas Kedua Pipa Organa Tertutup (Sumber: Giancoli, 2001)

Persamaan frekuensi nada atas kedua pipa organa tertutup yang dihasilkan yaitu sebagai berikut:

$$f_2 = \frac{5v}{4L} \quad (15)$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa frekuensi pipa organa tertutup pada nada atas ke- n yaitu:

$$f_n = (2n + 1) \frac{v}{4L} \quad (16)$$

Nilai $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ Nilai n merupakan bilangan yang menyatakan nada dasar, nada atas pertama, nada atas kedua, dan seterusnya.

e. Intensitas dan Taraf Intensitas

1) Intensitas Bunyi

Intensitas bunyi merupakan energi gelombang bunyi yang menembus permukaan bidang tiap satu satuan luas tiap detiknya, atau besarnya daya per satuan luas. Sumber bunyi yang merambat ke segala arah muka gelombangnya berbentuk bola, sehingga persamaan matematisnya dapat ditulis sebagai berikut:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (17)$$

Keterangan:

I = intensitas gelombang bunyi (kg/m^3)

P = daya (watt)

A = luas penampang (m^2)

2) Taraf Intensitas Bunyi

Taraf intensitas bunyi didefinisikan sebagai logaritma perbandingan intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran (I_0) intensitas ambang pendengaran (I_0) merupakan intensitas bunyi terkecil yang masih dapat didengar telinga manusia. Secara matematis, taraf intensitas bunyi dapat ditulis sebagai berikut:

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (18)$$

Keterangan:

TI = taraf intensitas (dB)

I = intensitas bunyi (w/m^2)

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

2.2 Hasil yang Relevan

Hasil penelitian yang valid atau relevan dengan penelitian yang penulis lakukan yaitu penelitian yang dilakukan oleh Nurlinawati (2022) dalam artikelnya menyimpulkan bahwa model pembelajaran *QODE* berbantuan alat peraga dapat mengoptimalkan hasil belajar IPA peserta didik kelas XI. Peneliti mengadaptasi sintaks model *QODE* menurut penelitian Nurlinawati (2022) yang akan digunakan

pada penelitian ini. Adapun sintaks model yang digunakan yaitu *Questioning, Organizing, Doing, dan Evaluating*.

Penelitian yang dilakukan oleh Septi *et al* (2022) dalam artikelnya menyimpulkan bahwa model pembelajaran dengan kegiatan praktikum dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik. Hal ini dikarenakan kegiatan praktikum dapat menarik peserta didik untuk terlibat secara langsung, sehingga dapat membuat keterampilan proses sains peserta didik meningkat. Adapun perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian ini yaitu terdapat pada model pembelajaran yang digunakan. Pada penelitian sebelumnya model yang digunakan yaitu *Discovery Learning*, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan model yang digunakan yaitu model *QODE*.

Penelitian yang dilakukan oleh Rajagukguk *et al* (2022) dalam artikelnya menyimpulkan bahwa terdapat peningkatan keterampilan proses sains untuk materi gelombang bunyi setelah diterapkannya model pembelajaran yang memiliki sintaks kegiatan praktikum. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rajagukguk *et al* (2022) yang menunjukkan bahwa indikator keterampilan proses sains di kelas eksperimen yang diberikan perlakuan model pembelajaran memperoleh persentase 65,66% dan dikategorikan tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol yang memperoleh persentase 52,32%. Oleh karena itu, model yang memiliki sintaks kegiatan praktikum memiliki pengaruh terhadap keterampilan proses sains. Adapun perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian ini yaitu terdapat pada model pembelajaran yang akan digunakan. Pada penelitian sebelumnya model yang digunakan yaitu model PLGI, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan model yang digunakan yaitu model *QODE*.

Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Marpaung *et al* (2022) dalam artikelnya menyimpulkan bahwa model *Scientific Inquiry* yang memiliki sintaks kegiatan praktikum dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik, hal ini dinilai dari pertanyaan-pertanyaan yang diberikan berdasarkan indikator. Dengan menggunakan model pembelajaran ini diperoleh hasil bahwa semua indikator keterampilan proses sains termasuk dalam kategori sangat baik.

Adapun perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu terdapat pada model pembelajaran yang digunakan. Model *Scientific Inquiry* merupakan model yang diterapkan pada penelitian ini. Sedangkan model *QODE* merupakan model yang digunakan dalam penelitian yang akan dilaksanakan.

Berdasarkan penelitian yang telah disebutkan di atas, penelitian yang akan dilakukan berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Kebaharuan penelitian ini dari penelitian sebelumnya yaitu penggunaan model pembelajaran *QODE* terhadap keterampilan proses sains. Model pembelajaran *QODE* belum banyak digunakan pada penelitian, terutama yang berkaitan dengan keterampilan proses sains. Berdasarkan penelitian terdahulu, model pembelajaran *QODE* dapat memberikan pengaruh terhadap proses pembelajaran agar menjadi lebih baik. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian agar dapat mengetahui pengaruh dari model pembelajaran *QODE* terhadap keterampilan proses sains. Selain itu, pada penelitian ini lebih menekankan pada pembelajaran yang interaktif antara guru dengan peserta didik.

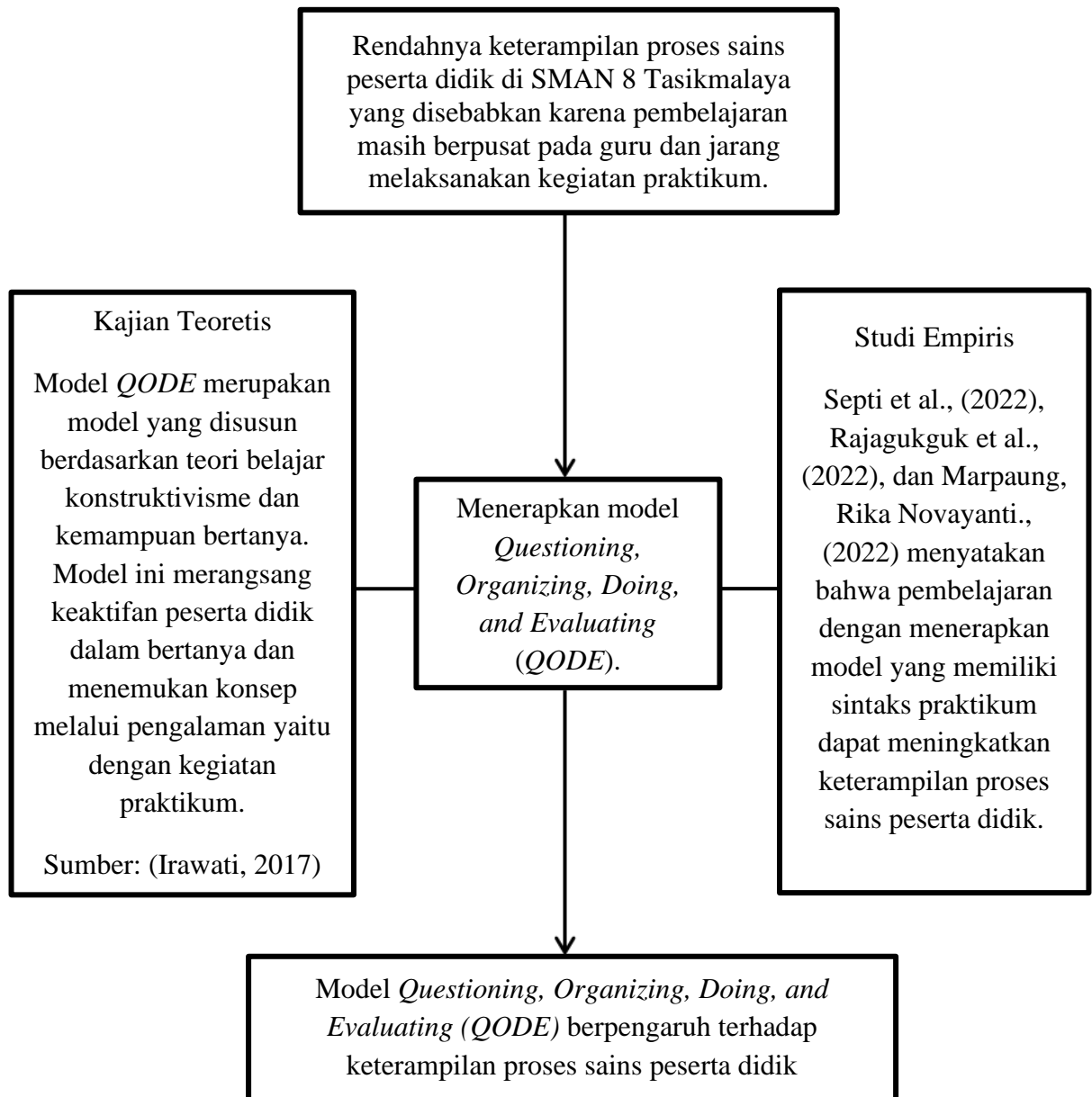
2.3 Kerangka Konseptual

Hasil studi pendahuluan yang telah dilaksanakan di SMAN 8 Tasikmalaya dengan menggunakan metode wawancara dan observasi, menunjukkan bahwa keterampilan proses sains dari peserta didik masih rendah. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika, pembelajaran di kelas masih berpusat pada guru sehingga peserta didik belum dapat mengembangkan keterampilan proses sains. Sedangkan menurut wawancara dengan peserta didik mereka menyebutkan bahwa materi fisika lebih mudah dipahami dengan melaksanakan kegiatan praktikum. Karena keterbatasan alat dan bahan, kegiatan praktikum jadi jarang dilakukan. Padahal keterampilan proses sains peserta didik dapat ditingkatkan melalui kegiatan praktikum. Salah satu materi fisika yang dapat dilakukan kegiatan praktikum yaitu gelombang bunyi. Menurut beberapa penelitian menyebutkan bahwa masih terdapat miskonsepsi dan kesulitan dalam memahami konsep bunyi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan adanya perbaikan dan inovasi dalam proses pembelajaran fisika. Hal ini dapat dilakukan dengan

menerapkan model pembelajaran yang dapat memfasilitasi peserta didik untuk meningkatkan keterampilan proses sains. Salah satu model yang dapat diterapkan yaitu model *Questioning, Organizing, Doing, and Evaluating (QODE)*. Model *Questioning, Organizing, Doing, and Evaluating (QODE)* merupakan model pembelajaran yang disusun berdasarkan teori konstruktivisme dan keterampilan bertanya, yang bertujuan untuk lebih merangsang keaktifan peserta didik dalam bertanya dan menemukan konsep melalui kegiatan praktikum. Selain itu, model ini dikembangkan untuk meningkatkan partisipasi peserta didik dalam proses pembelajaran sehingga pembelajaran dapat berhasil.

Model *Questioning, Organizing, Doing, and Evaluating (QODE)* digunakan sebagai upaya untuk meningkatkan keterampilan proses sains. Model ini menuntut keterampilan bertanya dalam membangun sebuah pengetahuan melalui pengalaman. Sehingga keterampilan proses sains peserta didik dapat dilatih dengan menerapkan model pembelajaran yang memiliki sintaks kegiatan praktikum. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rajagukguk *et al.*, (2022) yang menyimpulkan bahwa terdapat peningkatan keterampilan proses sains untuk materi gelombang bunyi setelah diterapkannya model pembelajaran yang memiliki sintaks kegiatan praktikum. Indikator keterampilan proses sains yang di uji dalam penelitian ini yaitu mengamati, mengelompokkan, menafsirkan, memprediksi, melakukan komunikasi, mengajukan pertanyaan, mengajukan hipotesis, merencanakan percobaan, menggunakan alat dan bahan, dan menerapkan konsep. Menurut beberapa bukti empiris diketahui bahwa model pembelajaran yang memiliki sintaks kegiatan praktikum dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik. Berdasarkan uraian di atas, peneliti menduga ada pengaruh model *Questioning, Organizing, Doing, and Evaluating (QODE)* terhadap keterampilan proses sains peserta didik. Kerangka konseptual yang akan dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Kerangka Konseptual

2.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini yang didasarkan pada pertanyaan rumusan masalah yaitu:

H_0 : tidak ada pengaruh model *Questioning, Organizing, Doing, and Evaluating (QODE)* terhadap keterampilan proses sains pada materi gelombang bunyi di kelas XI MIPA SMA Negeri 8 Tasikmalaya tahun ajaran 2023/2024.

H_a : ada pengaruh model *Questioning, Organizing, Doing, and Evaluating (QODE)* terhadap keterampilan proses sains pada materi gelombang bunyi di kelas XI MIPA SMA Negeri 8 Tasikmalaya tahun ajaran 2023/2024.