

BAB 2 TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Model *Brain Based Learning*

Penelitian *neurophysiology* mengenai cara kerja otak mengawali dikembangkannya model *Brain Based Learning* (Sardi et al., 2021). *Brain Based Learning* memberikan pembelajaran yang ideal sesuai dengan kinerja otak (Cahyani et al., 2023). Hal ini sejalan dengan definisi *Brain Based Learning* menurut Jensen (2008) yaitu model pembelajaran yang pelaksanaannya diselaraskan dengan cara kerja otak sehingga berkeinginan secara alamiah untuk belajar. Setiap otak itu unik. Jensen (2008) mengemukakan bahwa tidak ada yang namanya pembelajaran otak kanan maupun otak kiri, setiap area otak berinteraksi dengan area lain dalam waktu *microsecond*. Otak kiri memproses “bagian” secara berurutan dan otak kanan memproses “keseluruhan” secara acak. Hal tersebut berarti bahwa otak sangat interaktif. Penelitian lanjutan oleh Jerry Levi, PhD juga mengonfirmasi hal yang sama (Jensen, 2008). Dengan demikian, dari pandangan tersebut dapat disimpulkan bahwa agar tercipta suasana belajar yang nyaman dengan mengoptimalkan pembelajaran, maka pembelajaran diselaraskan dengan kinerja otak secara keseluruhan.

Pada model *Brain Based Learning*, peserta didik berperan sebagai pembelajar dan makna pembelajaran (Nurasiah et al., 2022). Model ini menekankan pentingnya seseorang sebagai penilai dan pengambil keputusan. Dalam pelaksanaannya, peserta didik diberikan waktu untuk melakukan relaksasi dalam meregangkan otot dan otak (Fitriani, 2019). Relaksasi tersebut dapat dilakukan dengan diiringi musik untuk meningkatkan konsentrasi peserta didik. Pembelajaran dengan model ini dapat memberikan peluang kepada peserta didik untuk belajar dalam suasana hati yang menyenangkan (Widyantari et al., 2020). Pada model ini, diharapkan agar peserta didik sendiri yang berkeinginan untuk mempelajari sesuatu hal yang baru. Maka dari itu, model *Brain Based Learning* adalah model yang diterapkan dengan menyelaraskan cara kerja dan fungsi otak sehingga kegiatan pembelajaran berfokus pada peserta didik terutama pada potensi otak mereka agar

tercipta lingkungan pembelajaran yang menyenangkan sehingga peserta didik sendiri yang berkeinginan untuk belajar.

Dalam pelaksanaannya, terdapat tujuh tahap model *Brain Based Learning* yang dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sintaks Model *Brain Based Learning*

Tahapan	Deskripsi
Pra-Pemaparan	Fase ini memberikan gambaran awal mengenai materi pembelajaran baru sebelum mendalaminya dan membantu otak dalam pembentukan peta konseptual yang lebih cermat. Di dalamnya mencakup serangkaian kegiatan yang dilakukan sebelum menyampaikan materi utama, di antaranya memberitahukan peraturan selama pembelajaran dan melibatkan aktivitas untuk membangkitkan minat, mempersiapkan konteks, atau mengaktifkan pengetahuan awal peserta didik.
Persiapan	Fase ini memberikan rangsangan berupa konteks dari topik yang sedang dipelajari kepada peserta didik untuk memicu keingintahuan atau kesenangan peserta didik dalam belajar.
Inisiasi dan Akuisisi	Fase ini memberikan konteks singkat untuk membangun ketertarikan peserta didik terhadap topik yang dipelajari dan memberikan pembelajaran yang nyata meliputi pembangunan, eksplorasi, penemuan, atau perancangan untuk mendukung penerimaan informasi oleh otak peserta didik. Di dalamnya dapat melibatkan penggunaan metode pembelajaran yang menggunakan alat bantu visual atau interaksi langsung melalui kegiatan diskusi kelompok, studi kasus, demonstrasi, dan eksperimen. Suatu <i>software</i> dapat sangat bermanfaat dalam fase ini. Contohnya penggunaan GeoGebra untuk melakukan simulasi dalam menemukan persamaan gelombang stasioner berikut simpul dan perutnya, serta persamaan cepat rambat gelombang pada zat padat.
Elaborasi	Fase ini melibatkan pembentukan koneksi antara materi pembelajaran dengan pengalaman pribadi peserta didik untuk membantu mengaitkan konsep dengan situasi atau masalah tertentu dan meningkatkan relevansi materi. Di dalamnya terdapat kegiatan diskusi yang melibatkan pertanyaan reflektif dan analisis lebih lanjut yang mengarahkan peserta didik untuk menemukan persamaan gelombang stasioner berikut simpul dan perutnya, serta persamaan cepat rambat gelombang pada zat padat. Fase ini juga memuat pertanyaan mengenai permasalahan gelombang stasioner untuk dipecahkan bersama sehingga meningkatkan keterlibatan peserta didik. Fase ini mendukung peningkatan

Tahapan	Deskripsi
	kapasitas otak dalam merespon, mengolah, dan menginternalisasi informasi yang dapat membangun keterampilan berpikir kritis.
Inkubasi dan Memasukkan Memori	Fase ini menekankan pentingnya waktu istirahat dan perenungan untuk memproses informasi yang baru. Di dalamnya melibatkan istirahat singkat, refleksi pribadi, atau aktivitas yang memungkinkan otak untuk meresapi dan mengkonsolidasi informasi. Pada fase ini dapat diiringi dengan musik klasik untuk membantu memperkuat jejak memori dan meningkatkan retensi informasi. Pelaksanaan relaksasi dengan diiringi musik klasik tersebut disamakan untuk semua peserta didik dan dilakukan selama ± 7 menit.
Verifikasi dan Pengecekan Keyakinan	Fase ini dirancang untuk memastikan atau memverifikasi pemahaman peserta didik terhadap materi pembelajaran serta memfasilitasi refleksi dan pengembangan keyakinan peserta didik. Di dalamnya melibatkan diskusi reflektif, di mana peserta didik dapat berbagi pemahaman mereka dan menyampaikan pertanyaan atau kebingungan yang mungkin muncul. Selain itu, peserta didik diarahkan untuk menyatakan keyakinan atau pandangan pribadi mereka terhadap materi pembelajaran sehingga memungkinkan guru untuk memahami sejauh mana keyakinan telah berkembang dan memberikan arahan tambahan jika diperlukan.
Perayaan dan Integrasi	Fase ini menekankan pada penutupan pembelajaran dengan cara merayakan pencapaian peserta didik dan mengintegrasikan pengetahuan baru ke dalam konteks yang lebih luas. Di dalamnya melibatkan pemberian apresiasi, penghargaan, atau kegiatan perayaan yang memberikan pengakuan terhadap upaya dan hasil yang telah dicapai dan penjelasan mengenai penerapan informasi yang diperoleh untuk digunakan dalam situasi nyata atau mengatasi tantangan dalam kehidupan mereka.

Sumber: (Jensen, 2008)

Lutfillah et al. (2022) mengemukakan bahwa model *Brain Based Learning* memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penerapannya. Kelebihan model *Brain Based Learning* di antaranya:

- a. Menciptakan konteks yang mengaitkan pembelajaran dengan pikiran.
- b. Menyatukan informasi dalam satu kesatuan.
- c. *Student centered learning* sehingga mendorong keterlibatan aktif peserta didik.
- d. Memperbolehkan peserta didik belajar sesuai dengan gaya belajarnya.
- e. Memiliki pengalaman positif selama pembelajaran berlangsung.

Adapun kelemahan model *Brain Based Learning* di antaranya:

- a. Keberhasilan strategi pembelajaran membutuhkan persiapan yang memakan waktu.
- b. Untuk menunjang kegiatan pembelajaran diperlukan fasilitas yang memadai.
- c. Agar tercipta lingkungan belajar yang nyaman diperlukan biaya yang tidak sedikit.

Kelemahan model *Brain Based Learning* diatasi oleh peneliti dengan solusi sebagai berikut:

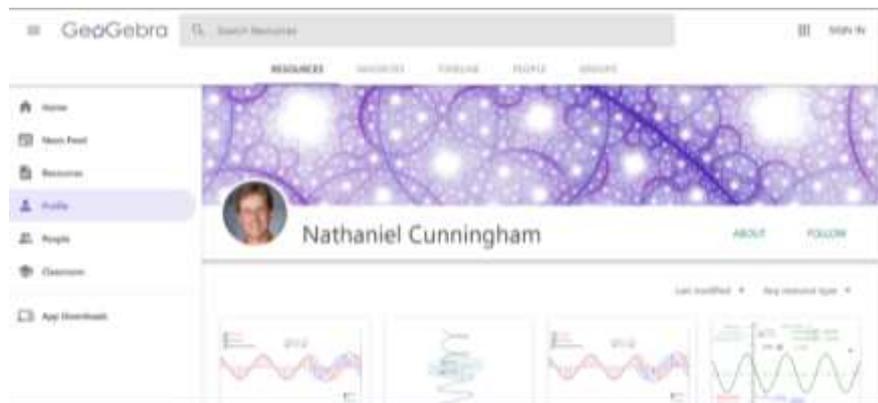
- a. Untuk melatih pemikiran peserta didik dalam memecahkan masalah secara kritis, maka pada tahap pra-persiapan pembelajaran diawali dengan pemberian apersepsi yang berkaitan dengan permasalahan di lingkungan sekitar dan motivasi mengenai pemanfaatan dari materi yang akan disampaikan.
- b. Model *Brain Based Learning* dikolaborasikan dengan kegiatan laboratorium berbantuan GeoGebra agar diperoleh fasilitas yang memadai.

2.1.2 GeoGebra

Dalam proses pembelajaran, hubungan yang saling berpengaruh terjadi antara metode dan media pembelajaran. Pemilihan metode pembelajaran dapat memengaruhi penggunaan media pembelajaran, tetapi perlu mempertimbangkan aspek lain seperti tujuan pembelajaran (Gunawan & Ritonga, 2019). Media pembelajaran merupakan bagian dari pembelajaran yang memanfaatkan materi pembelajaran untuk merangsang peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran (Alti et al., 2022). Oleh karena itu, media pembelajaran berfungsi sebagai penunjang kegiatan pembelajaran untuk menyampaikan bahan ajar guna mencapai tujuan pembelajaran, dan dapat berupa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Dalam penelitian ini, media pembelajaran yang digunakan berupa *software*. Pembelajaran menggunakan *software* dapat memberdayakan potensi otak peserta didik dalam pembelajaran (Sitorus & Diana, 2022). *Software* yang digunakan yaitu *virtual laboratory* GeoGebra. GeoGebra adalah *software* matematika dinamis yang menyatukan geometri, grafik, aljabar, kalkulator, statistik, dan *spreadsheet* (*About GeoGebra - GeoGebra*, n.d.). Pada *software* GeoGebra terdapat eksperimen fisika

yang dibuat oleh beberapa *author*. Eksperimen fisika tersebut di antaranya *vectors*, *kinematics*, *statics*, *dynamics*, *thermodynamics*, *gravitation*, *waves*, *electromagnetism*, *relativity*, dan *quantum mechanics*. Pelaksanaan eksperimen menggunakan *software* GeoGebra yaitu untuk meminimalisir terjadinya kerusakan alat di laboratorium akibat kesalahan kerja yang terjadi selama eksperimen berlangsung. Eksperimen yang dilakukan melalui *software* GeoGebra dapat diselaraskan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Dalam penelitian ini, *virtual lab* fisika yang digunakan yaitu simulasi oleh *author* Nathaniel Cunningham dan Dr. Lakshman Chaudhari. Tampilan simulasi dari *author* Nathaniel Cunningham dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tampilan Simulasi *Author* Nathaniel Cunningham

Sumber: (*Nathaniel Cunningham – GeoGebra*, n.d.)

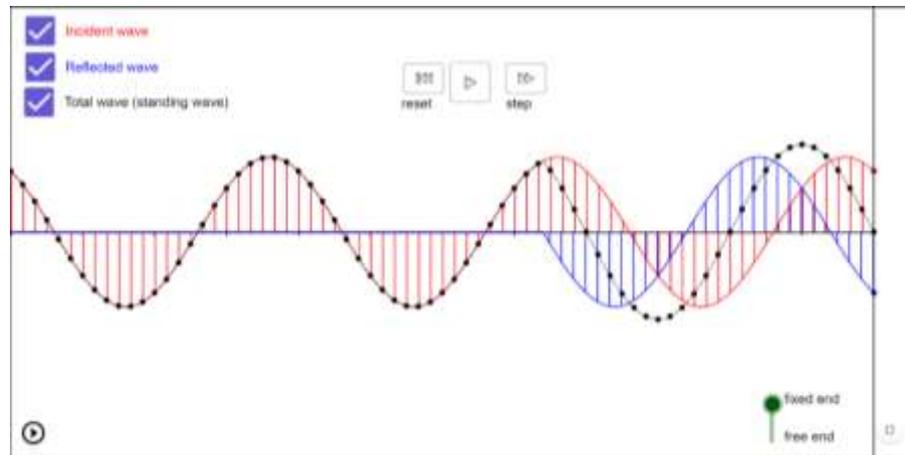
Untuk tampilan simulasi oleh *author* Dr. Lakshman Chaudhari dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tampilan Simulasi *Author* Dr. Lakshman Chaudhari

Sumber: (*Dr. Lakshman Chaudhari – GeoGebra*, n.d.)

Simulasi yang digunakan oleh *author* Nathaniel Cunningham yaitu simulasi *standing wave via reflection*. Tampilan simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.

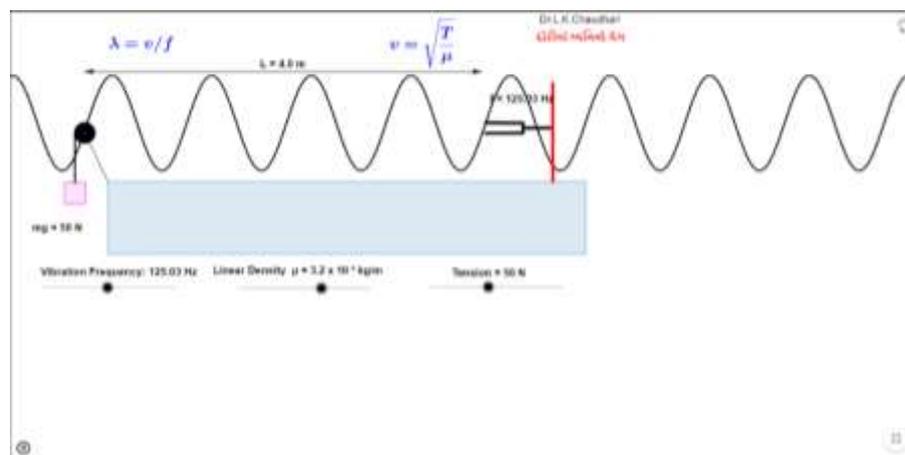


Gambar 2.3 Simulasi *Standing Wave Via Reflection*

Sumber: (*Standing Wave Via Reflection – GeoGebra*, n.d.)

Pada simulasi ini terdapat fitur untuk melihat gelombang yang terbentuk (*incident wave*), gelombang yang dipantulkan (*reflected wave*), dan total gelombang yaitu gelombang stasioner (*standing wave*), serta fitur untuk melihat arah gerak gelombang yang ujungnya tetap/terikat (*fixed end*) dan ujungnya bebas (*free end*). Pelaksanaan simulasi *standing wave via reflection* bertujuan untuk menemukan persamaan gelombang stasioner ujung bebas dan terikat, serta simpul dan perutnya.

Adapun simulasi yang digunakan oleh *author* Dr. Lakshman Chaudari yaitu simulasi *meld's experiments*. Tampilan simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Simulasi *Meld's Experiments*

Sumber: (*Meld's Experiments – GeoGebra*, n.d.)

Pada simulasi ini terdapat fitur untuk mengubah nilai besaran *vibration frequency* (f), *linear density* (μ), dan *tension* (F). Pelaksanaan eksperimen pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan besaran-besaran fisis pada gelombang stasioner. Pertama, untuk menganalisis hubungan antara cepat rambat gelombang dengan gaya dan massa jenis medium linear. Kedua, untuk menguraikan persamaan cepat rambat gelombang dari hubungannya dengan gaya dan massa jenis linear.

2.1.3 Keterampilan Berpikir Kritis

Berpikir kritis merupakan aspek penting untuk dimiliki saat ini. Berpikir kritis merupakan proses seseorang dalam menemukan solusi atau merumuskan jawaban dari suatu permasalahan yang dialami (Ariani, 2020). Hal ini sejalan dengan pandangan Ennis (1993) bahwa berpikir kritis adalah jenis pemikiran reflektif yang didasarkan pada logika, dengan fokus pada proses pengambilan keputusan terkait keyakinan atau tindakan. Jadi, berpikir kritis adalah kemampuan reflektif seseorang untuk menganalisis dan merumuskan jawaban atau solusi terhadap permasalahan dan pengambilan keputusan dengan menggunakan logika.

Penggunaan keterampilan berpikir kritis sangat signifikan dalam proses pembelajaran, khususnya dalam konteks pembelajaran fisika. Berpikir kritis termasuk salah satu keterampilan penting pendidikan saat ini, memungkinkan peserta didik untuk melakukan penilaian dan pengambilan keputusan yang tepat dalam menyelesaikan masalah kehidupan yang kompleks (Darmaji et al., 2021). Seorang yang mempunyai keterampilan dalam berpikir secara kritis adalah seseorang yang mampu mencari informasi dari berbagai sumber relevan terkait permasalahan yang dihadapi, mengategorikan informasi-informasi yang dimiliki, dan mengetahui saat yang tepat untuk menggunakan informasi-informasi tersebut sehingga dapat merumuskan jawaban sebagai solusi dalam memecahkan suatu permasalahan (Ariani, 2020; Ayub et al., 2021). Dengan demikian, tuntutan untuk berpikir secara kritis menjadi krusial dalam menghadapi keputusan dan menanggapi permasalahan yang semakin kompleks di era ini. Pengukuran keterampilan berpikir kritis didasarkan pada indikator berpikir kritis menurut Ennis (dalam Costa 1991) yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Indikator	Deskripsi
<i>Elementary Clarification</i> (Memberikan Penjelasan Sederhana)	<ul style="list-style-type: none"> • Berfokus pada pertanyaan • Menganalisis argumen • Mengajukan dan menjawab pertanyaan mengenai klarifikasi atau tantangan
<i>Basic Support</i> (Membangun Keterampilan Dasar)	<ul style="list-style-type: none"> • Menilai kredibilitas suatu sumber • Mengamati dan menilai laporan hasil observasi
<i>Inference</i> (Menyimpulkan)	<ul style="list-style-type: none"> • Mendeduksi dan menilai hasilnya • Menginduksi dan menilai hasilnya • Membuat keputusan dan menilai hasilnya
<i>Advanced Clarification</i> (Memberikan Penjelasan Lebih Lanjut)	<ul style="list-style-type: none"> • Mendefinisikan suatu istilah dan menilai definisi • Mengidentifikasi asumsi
<i>Strategy and Tactics</i> (Mengembangkan Strategi dan Taktik)	<ul style="list-style-type: none"> • Memutuskan tindakan • Berinteraksi dengan orang lain

Keterikatan tahapan model *Brain Based Learning* berbantuan GeoGebra dengan keterampilan berpikir kritis diuraikan pada Tabel 2.3 berdasarkan temuan sintesis peneliti.

Tabel 2.3 Sintesis Peneliti terhadap Keterikatan Model *Brain Based Learning* Berbantuan GeoGebra dengan Keterampilan Berpikir Kritis

Tahapan	Aktivitas yang Dilakukan	Aspek Keterampilan Berpikir Kritis
Pra-Pemaparan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peserta didik mendengarkan peraturan yang disampaikan oleh guru selama pembelajaran berlangsung, seperti peserta didik diperbolehkan minum air mineral ketika pembelajaran berlangsung. ▪ Guru menggali pemahaman awal peserta didik dengan mengajukan pertanyaan mengenai 	

Tahapan	Aktivitas yang Dilakukan	Aspek Keterampilan Berpikir Kritis
	kegiatan pembelajaran berdasarkan media yang diberikan. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Guru memotivasi peserta didik agar mempelajari materi dengan baik dan sungguh-sungguh, contohnya memberikan penerapan materi tersebut. ▪ Guru menyampaikan tujuan pembelajaran yang dicapai oleh peserta didik. 	
Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peserta didik diarahkan untuk mengamati video atau simulasi mengenai materi yang disampaikan. ▪ Guru melakukan tanya jawab dengan peserta didik mengenai video atau simulasi yang diberikan. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Elementary clarification</i>, peserta didik difokuskan untuk mengajukan dan menjawab pertanyaan dengan menganalisis suatu peristiwa atau argumen. ▪ <i>Basic Support</i>, peserta didik diarahkan untuk mempertimbangkan kesesuaian sumber yang digunakan untuk menjawab pertanyaan dan memberikan alasannya.
Inisiasi dan Akuisisi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peserta didik dibimbing oleh guru untuk melakukan eksperimen, simulasi, ataupun eksplorasi melalui <i>software</i> GeoGebra. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Basic support</i>, peserta didik diarahkan untuk mempertimbangkan kredibilitas atau kesesuaian sumber yaitu prosedur

Tahapan	Aktivitas yang Dilakukan	Aspek Keterampilan Berpikir Kritis
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peserta didik dibimbing oleh guru dalam memperoleh data hasil eksperimen, simulasi, ataupun eksplorasi kemudian mencatat hasilnya pada LKPD yang diberikan. 	<p>kegiatan serta mengamati dan mempertimbangkan hal yang akan dituangkan dalam laporan eksperimen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Inference</i>, peserta didik diarahkan untuk membuat keputusan dan mempertimbangkan hasil eksperimen, simulasi, ataupun eksplorasi, apakah perlu diambil ulang datanya atau tidak.
Elaborasi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peserta didik diarahkan oleh guru untuk mengolah data hasil eksperimen, simulasi, ataupun eksplorasi dengan menjawab serangkaian pertanyaan yang diberikan. ▪ Peserta didik dibimbing untuk memecahkan masalah dari soal-soal fisika. ▪ Guru mengarahkan peserta didik untuk mempresentasikan hasil diskusi mengenai kegiatan sebelumnya dan menginstruksikan peserta didik yang tidak presentasi untuk memberikan tanggapan. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Basic support</i>, peserta didik diarahkan untuk menganalisis hasil eksperimen dengan menggunakan sumber yang valid. ▪ <i>Inference</i>, peserta didik diarahkan untuk membuat keputusan dan mempertimbangkan hasilnya serta memberikan kesimpulan dengan asumsi yang logis untuk dilaporkan pada laporan eksperimen. ▪ <i>Advanced clarification</i>, peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi asumsi dengan memberikan penjelasan lebih

Tahapan	Aktivitas yang Dilakukan	Aspek Keterampilan Berpikir Kritis
		<p>lanjut dari serangkaian pertanyaan sampai menemukan konsep fisika atau permasalahan yang diberikan.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Strategy and tactics</i>, peserta didik diarahkan untuk memutuskan suatu tindakan berdasarkan kegiatan yang telah dilakukan sebelumnya dengan berdiskusi bersama teman-temannya.
Inkubasi dan Memasukkan Memori	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peserta didik diarahkan oleh guru untuk melakukan relaksasi dan peregangan yang diiringi dengan alunan musik dan diperbolehkan oleh guru untuk mencatat hal-hal penting mengenai kegiatan pembelajaran yang dilakukan. 	
Verifikasi dan Pengecekan Keyakinan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Guru memberikan penguatan pemahaman dan mengklarifikasi apabila terdapat perbedaan pendapat dari hasil presentasi. ▪ Guru dan peserta didik menyimpulkan kegiatan pembelajaran. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Basic support</i>, peserta didik diarahkan untuk mempertimbangkan kredibilitas sumber dan menganalisis hasil observasi dengan data-data yang valid. ▪ <i>Advanced clarification</i>, peserta didik diarahkan untuk

Tahapan	Aktivitas yang Dilakukan	Aspek Keterampilan Berpikir Kritis
		<p>mengidentifikasi asumsi untuk menentukan valid atau tidaknya data tersebut dan mengonstruksi argumen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Inference</i>, peserta didik diarahkan untuk menyimpulkan kegiatan pembelajaran yang dilakukan.
Perayaan dan Integrasi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peserta didik diberikan apresiasi oleh guru seperti bertepuk tangan untuk peserta didik yang presentasi. ▪ Peserta didik yang paling aktif selama kegiatan pembelajaran diberikan <i>reward</i> oleh guru. ▪ Peserta didik memberikan umpan balik dari refleksi kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. ▪ Guru memberikan informasi terkait pembelajaran yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya. 	

Mengaitkan tahap model *Brain Based Learning* dengan indikator keterampilan berpikir kritis dapat membantu peserta didik mengembangkan keterampilan berpikir kritis secara sistematis dan terstruktur, serta memastikan pemahaman konsep peserta didik dengan menyeluruh. Hal ini memungkinkan

peserta didik untuk membangun koneksi antar konsep, memperdalam pemahaman, dan melihat relevansi informasi. Peserta didik juga bisa ikut serta dengan aktif dalam kegiatan pembelajaran sehingga mendorong pengembangan keterampilan berpikir kritis melalui interaksi langsung dengan materi. Selain itu, mengaitkan model *Brain Based Learning* dengan indikator keterampilan berpikir kritis dapat membantu guru untuk memantau perkembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik dan mengidentifikasi area yang perlu perhatian lebih lanjut.

2.1.4 Gelombang Stasioner

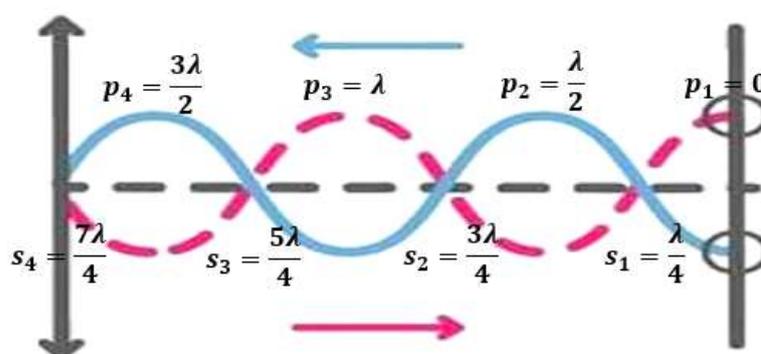
Pada penelitian ini, peneliti memilih salah satu sub bab materi gelombang berjalan dan gelombang stasioner yaitu sub bab gelombang stasioner.

a. Karakteristik Gelombang Stasioner

Gabungan dua gelombang berjalan yang memiliki panjang gelombang dan amplitudo yang sama, namun bergerak dalam arah yang berlawanan, akan menyebabkan interferensi dan akhirnya membentuk gelombang stasioner (Halliday et al., 2013; Ling et al., 2021). Gelombang stasioner memiliki bagian yang disebut simpul (titik dengan amplitudo minimum) dan perut (titik dengan amplitudo maksimum).

b. Gelombang Stasioner Ujung Bebas

Pada gelombang stasioner ujung bebas, arah amplitudo gelombang pantul sama dengan arah amplitudo gelombang datang, sehingga tidak mengalami pembalikan fase.



Gambar 2.5 Gelombang Stasioner Ujung Bebas

Sumber: (Ruangguru, n.d.-b)

Berdasarkan Gambar 2.5, gelombang pertama dan kedua memiliki fungsi gelombang sebagai berikut:

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t) \quad (2.1)$$

$$y_2 = -A \sin(kx + \omega t) \quad (2.2)$$

Simpangan gelombang pertama dan kedua adalah ke atas dengan gelombang datang merambat ke kanan pada gelombang pertama dan gelombang datang merambat ke kiri pada gelombang kedua. Karena terjadi superposisi gelombang, maka persamaan 1 dan 2 membentuk persamaan sebagai berikut:

$$y = y_1 + y_2 \quad (2.3)$$

$$y = A \sin(kx - \omega t) - A \sin(kx + \omega t) \quad (2.4)$$

$$y = A[\sin(kx - \omega t) - \sin(kx + \omega t)] \quad (2.5)$$

sehingga diperoleh persamaan simpangan gelombang stasioner ujung bebas berikut ini:

$$y = 2A \cos(kx) \sin(\omega t) \quad (2.6)$$

Pada jarak tertentu dari ujung bebas, titik-titik di gelombang akan mempunyai amplitudo masing-masing.

$$A_s = 2A \cos(kx) \quad (2.7)$$

sehingga persamaan simpangan gelombang stasioner ujung bebas di titik tertentu sebagaimana tercantum di bawah ini:

$$y = A_s \sin(\omega t) \quad (2.8)$$

Keterangan:

y = simpangan gelombang (m)

A = amplitudo gelombang (m)

k = bilangan gelombang (rad/m)

x = jarak titik ke sumber getar (m)

ω = kecepatan sudut gelombang (rad/s)

t = lama gelombang bergetar (s)

A_s = amplitudo gelombang stasioner di titik berjarak x dari ujung bebas (m)

Letak simpul gelombang stasioner ujung bebas merupakan kelipatan bilangan ganjil dari $\frac{1}{4}$ panjang gelombangnya yang dirumuskan sebagai berikut:

$$S_n = \frac{(2n - 1)}{4} \lambda \quad (2.9)$$

Untuk jarak simpul ke- n dari titik mula dirumuskan sebagai berikut:

$$S_{n,0} = L - S_n \quad (2.10)$$

Adapun letak perut gelombang stasioner ujung bebas merupakan kelipatan $\frac{1}{2}$ dari panjang gelombangnya yang dirumuskan sebagai berikut:

$$P_n = \frac{(n - 1)}{2} \lambda \quad (2.11)$$

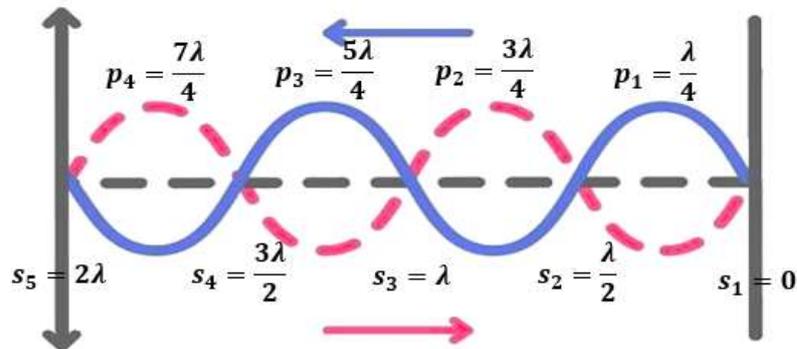
Untuk jarak perut ke- n dari titik mula-mula dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{n,0} = L - P_n \quad (2.12)$$

dengan L adalah panjang medium linear dan $n = 0,1,2,3, \dots$

c. Gelombang Stasioner Ujung Terikat

Pada gelombang stasioner ujung terikat terjadi pembalikan fase gelombang sebesar $\varphi = \pi$.



Gambar 2.6 Gelombang Stasioner Ujung Terikat

Sumber: (Ruangguru, n.d.-c)

Berdasarkan Gambar 2.6, gelombang pertama dan kedua memiliki fungsi sebagai berikut:

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t) \quad (2.13)$$

$$y_2 = A \sin(kx + \omega t) \quad (2.14)$$

Simpangan gelombang pertama adalah ke atas dengan gelombang datang merambat ke kanan, sedangkan simpangan gelombang kedua adalah ke bawah dengan gelombang datang merambat ke kiri. Karena terjadi superposisi gelombang, maka persamaan 2.13 dan 2.14 membentuk persamaan sebagai berikut:

$$y = y_1 + y_2 \quad (2.15)$$

$$y = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t) \quad (2.16)$$

$$y = A[\sin(kx - \omega t) + \sin(kx + \omega t)] \quad (2.17)$$

sehingga diperoleh persamaan simpangan gelombang stasioner ujung terikat sebagai berikut:

$$y = 2A \sin(kx) \cos(\omega t) \quad (2.18)$$

Pada jarak tertentu dari ujung terikat, titik-titik di gelombang akan mempunyai amplitudo masing-masing.

$$A_s = 2A \sin(kx) \quad (2.19)$$

sehingga persamaan simpangan gelombang stasioner ujung terikat di titik tertentu sebagaimana tercantum di bawah ini:

$$y = A_s \cos(\omega t) \quad (2.20)$$

Keterangan:

y = simpangan gelombang (m)

A = amplitudo gelombang (m)

k = bilangan gelombang (rad/m)

x = jarak titik ke sumber getar (m)

ω = kecepatan sudut gelombang (rad/s)

t = lama gelombang bergetar (s)

A_s = amplitudo gelombang stasioner di titik berjarak x dari ujung terikat (m)

Letak simpul gelombang stasioner ujung terikat merupakan kelipatan $\frac{1}{2}$ dari panjang gelombangnya yang dirumuskan sebagai berikut:

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

Untuk jarak simpul ke- n dari titik mula dirumuskan sebagai berikut:

$$S_{n,0} = L - S_n \quad (2.22)$$

Adapun letak perut gelombang stasioner ujung terikat merupakan kelipatan bilangan ganjil dari $\frac{1}{2}$ panjang gelombangnya yang dirumuskan sebagai berikut:

$$P_n = \frac{(2n-1)}{4} \lambda \quad (2.23)$$

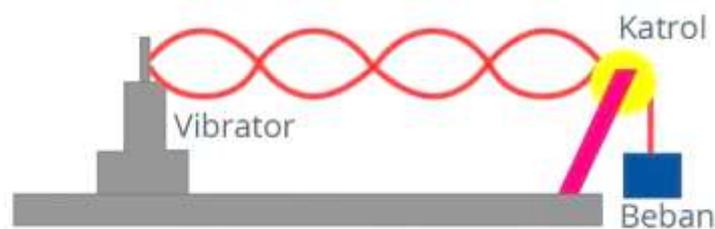
Untuk jarak perut ke- n dari titik mula-mula dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{n,0} = L - P_n \quad (2.24)$$

dengan L adalah panjang medium linear dan $n = 0,1,2,3, \dots$

d. Cepat Rambat Gelombang pada Zat Padat

Eksperimen gelombang stasioner pertama kali dilakukan oleh seorang fisikawan bernama Franz Emil Melde yang menggunakan seutas kawat dengan salah satu ujungnya diikatkan pada tangkai garpu tala dan ujung lainnya dihubungkan ke sebuah pemberat melalui katrol. Seiring berkembangnya zaman, garpu tala pada eksperimen tersebut diganti dengan vibrator yang frekuensi getarannya dapat diatur dan bebannya mudah untuk ditambah atau dikurangi. Eksperimen tersebut digunakan untuk menyelidiki hubungan cepat rambat gelombang yang terbentuk dengan perubahan beban dan jenis kawat.



Gambar 2.7 Eksperimen Melde

Sumber: (Ruangguru, n.d.-a)

Berdasarkan eksperimen tersebut diperoleh bahwa hubungan cepat rambat gelombang dengan gaya tariknya sebagai berikut:

$$v \sim \sqrt{F} \quad (2.25)$$

dan hubungan cepat rambat gelombang dengan massa jenis medium linear sebagai berikut:

$$v \sim \frac{1}{\sqrt{\mu}} \quad (2.26)$$

sehingga diperoleh persamaan cepat rambat gelombang sebagai berikut:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (2.27)$$

Massa jenis medium linear (μ) adalah massa medium linear (m) per satuan panjangnya (L), sehingga diperoleh persamaan cepat rambat gelombang sebagai berikut:

$$v = \sqrt{\frac{FL}{m}} \quad (2.28)$$

Bentuk lain massa jenis medium linear adalah perkalian antara massa jenis volume (ρ) dengan luas penampang medium linear (A), sehingga diperoleh persamaan cepat rambat gelombang sebagai berikut:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \quad (2.29)$$

2.2 Hasil yang Relevan

Terdapat penelitian yang relevan dengan penelitian penulis yang berjudul “Pengaruh Model *Brain Based Learning* Berbantuan GeoGebra terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Gelombang Stasioner”, baik di tingkat SD, SMP, maupun SMA. Penelitian-penelitian tersebut antara lain:

- a. Penelitian oleh Widyantari et al. (2020) dengan judul “Pengaruh Model *Brain Based Learning* Terhadap Pemahaman Konsep dan Kemampuan Berpikir Kritis Fisika SMA” menyimpulkan bahwa penerapan model ini efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis peserta didik SMA pada pelajaran fisika. Hal tersebut dapat dilihat dari rata-rata nilai tes pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen yaitu sebesar 80,06 dan 78,21 lebih tinggi daripada rata-rata nilai tes pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis pada kelas kontrol yaitu sebesar 71,76 dan 69,60.
- b. Penelitian oleh Novalianti et al. (2021) yang berjudul “Pengaruh Model *Brain Based Learning* Berbantuan *Brain Gym* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Ditinjau dari Motivasi Belajar Fisika Peserta Didik” menyimpulkan bahwa model *Brain Based Learning* berbantuan *brain gym* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar peserta didik pada materi fisika. Meskipun demikian, tidak ditemukan adanya interaksi antara model tersebut dan motivasi belajar terhadap kemampuan berpikir kritis. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata tes kemampuan berpikir kritis kelas eksperimen

sebesar 61,6 yang termasuk kategori tinggi lebih besar daripada kelas kontrol sebesar 52,4 yang termasuk kategori sedang dan nilai signifikansi untuk keterpengaruh model *Brain Based Learning* terhadap kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar sebesar 0,000, akan tetapi nilai signifikansi untuk interaksi model tersebut dengan motivasi belajar terhadap kemampuan berpikir kritis sebesar 0,818.

- c. Penelitian oleh Sardi et al. (2021) yang berjudul “Pengaruh Model *Brain Based Learning* terhadap Kemampuan Koneksi Matematis Siswa SMA Ditinjau dari *Self-Regulated Learning*” memperoleh simpulan bahwa ditinjau dari *self-regulated learning* maka model ini berpengaruh terhadap kemampuan koneksi matematis. Kesimpulan ini dibuktikan dengan kelas eksperimen memperoleh nilai rata-rata tes kemampuan koneksi matematis sebesar 14,53 yang lebih besar dari kelas kontrol sebesar 11,28 dan $t_{hitung} > t_{tabel}$ yaitu $4,603 > 1,994$.
- d. Penelitian oleh Fitriani (2019) yang berjudul “Pengaruh Model *Brain Based Learning* Ditinjau dari Kemampuan Berpikir Kritis Siswa” menyimpulkan bahwa model ini berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik SMP pada materi operasi aljabar. Hal tersebut terlihat dari nilai rata-rata *posttest* kelas eksperimen yang lebih tinggi dari kelas kontrol secara berurutan yaitu 9,36 dan 6,5.
- e. Penelitian oleh Sitorus & Diana (2022) dengan judul “Penerapan *Brain Based Learning* (BBL) Berbantu Geogebra Untuk Meningkatkan Kemampuan Koneksi Matematis Siswa SMP Materi Bangun Datar” mengemukakan bahwa pada materi bangun datar di tingkat SMP, model *Brain Based Learning* berbantu GeoGebra dapat meningkatkan kemampuan koneksi matematis. Berdasarkan pemaparan peneliti, 28 dari 35 peserta didik hampir memenuhi kriteria indikator kemampuan koneksi matematis dengan rata-rata skor 80%.
- f. Penelitian oleh Cahyani et al. (2023) yang berjudul “*Brain-Based Learning* dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP” memperoleh kesimpulan dari penelitiannya bahwa pada pelajaran matematika SMP, model ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis peserta didik.

Peserta didik mengalami peningkatan signifikan dalam kemampuan berpikir kritis pada siklus II, dengan persentase kategori baik naik dari 31% menjadi 56% dan persentase kategori sangat baik naik dari 0% menjadi 34%. Sebaliknya, terjadi penurunan dalam kategori cukup dan kurang baik.

- g. Penelitian oleh Amelia et al. (2022) yang berjudul “*The Impact of Brain Based Learning Strategy on Mathematical Communication Ability of Grade V Elementary School Students*” memperoleh kesimpulan bahwa model ini dapat meningkatkan kemampuan koneksi matematis peserta didik kelas V SD pada pelajaran matematika. Tingkat peningkatan dapat terlihat dari kenaikan rata-rata nilai pada kelas eksperimen yang mencapai 58,15 lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kelas kontrol sebesar 44,9 dan hasil $t_{hitung} > t_{tabel}$ yaitu $8,25 > 1,99$.
- h. Penelitian oleh Hadiwinata et al. (2023) yang berjudul “Pengaruh Model *Brain Based Learning* (BBL) Berbasis Eksperimen terhadap Berpikir Kritis pada Siswa Kelas V Sekolah Dasar” mengemukakan bahwa model *Brain Based Learning* berbasis eksperimen terbukti berdampak positif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik tingkat SD. Kesimpulan ini dapat didukung oleh nilai rata-rata kelas eksperimen yang mencapai 85,31 lebih tinggi daripada kelas kontrol dengan rata-rata sebesar 78,13. Selain itu, nilai signifikansi mencapai 0,004 memperkuat temuan tersebut.

Berdasarkan beberapa penelitian relevan, perbedaan utama antara penelitian ini dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya terfokus pada pemilihan materi. Peneliti akan memusatkan penelitian pada materi gelombang stasioner. Selain itu, peneliti belum menemukan penelitian yang mengintegrasikan model *Brain Based Learning* dengan *virtual laboratory* GeoGebra pada pembelajaran fisika. Peneliti hanya menemukan penelitian model *Brain Based Learning* berbantuan GeoGebra pada pembelajaran matematika.

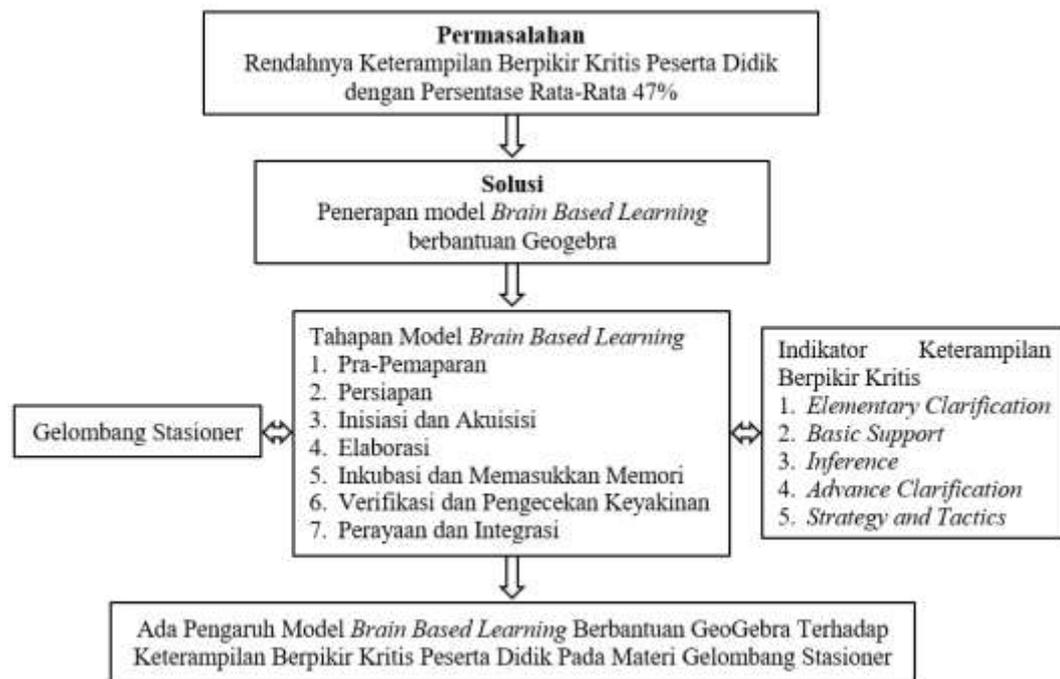
2.3 Kerangka Konseptual

Hasil studi pendahuluan melalui observasi pembelajaran serta mewawancarai guru fisika di kelas XI MIPA SMAN 5 Tasikmalaya diketahui

bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih rendah. Ketika wawancara, guru mengemukakan bahwa alat eksperimen di sekolah kurang memadai untuk materi tertentu. Peserta didik juga cenderung menghafal rumus tanpa memahami konsep fisika secara menyeluruh. Kedua permasalahan tersebut dapat menghambat perkembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik karena mereka akan kesulitan dalam mengidentifikasi hubungan antar konsep, mengaitkan pengetahuan dengan situasi nyata, atau berpikir secara kritis saat memecahkan permasalahan yang memerlukan pemahaman yang mendalam. Selain itu, ketika dilakukan tes keterampilan berpikir kritis berupa soal esai, diperoleh bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik untuk materi gelombang berjalan dan gelombang stasioner masih rendah dengan persentase 47%.

Berdasarkan permasalahan yang diperoleh dari studi pendahuluan, diperlukan pembelajaran yang dapat mengasah keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran fisika. Keterampilan berpikir kritis berkaitan dengan keterampilan kognitif karena berhubungan dengan fungsi kerja otak, sehingga model *Brain Based Learning* dapat diterapkan untuk mencapai hal tersebut. Dari beberapa referensi, diperoleh kesimpulan bahwa model *Brain Based Learning* dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Pada model ini, fungsi kerja otak dan pengaruh lingkungan dipertimbangkan sehingga peserta didik termotivasi untuk belajar dengan keinginannya sendiri. Dalam pelaksanaannya, model ini dibagi menjadi tujuh tahapan, di antaranya pra-pemaparan, persiapan, inisiasi dan akuisisi, elaborasi, inkubasi dan memasukkan memori, verifikasi dan pengecekan keyakinan, serta perayaan dan integrasi. Agar pembelajaran lebih optimal, maka perlu dikolaborasikan dengan kegiatan eksperimen secara *virtual lab* melalui GeoGebra. Pada penelitian ini, indikator keterampilan berpikir kritis yang diukur, di antaranya *elementary clarification, basic support, inference, advanced clarification, strategy and tactics*. Model tersebut nantinya akan diterapkan pada materi gelombang stasioner. Peneliti akan melakukan *pretest* dan *posttest* untuk mengetahui pengaruh model *Brain Based Learning* berbantuan GeoGebra sehingga terdapat keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang stasioner.

Gambar 2.8 menggambarkan kerangka konseptual penelitian ini.



Gambar 2.8 Kerangka Konseptual

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diteliti, hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak ada pengaruh model *Brain Based Learning* berbantuan GeoGebra terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang stasioner

H_a : Ada pengaruh model *Brain Based Learning* berbantuan GeoGebra terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang stasioner