



**PENGEMBANGAN TES DIAGNOSTIK *FOUR-TIER*
MULTIPLE CHOICE UNTUK MENGIDENTIFIKASI
PEMAHAMAN KONSEP SISWA MATERI
GELOMBANG BUNYI DAN CAHAYA**

skripsi

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

Pendidikan Fisika

oleh

Latifah

4201415032

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul **“Pengembangan Tes Diagnostik *Four-tier Multiple Choice* untuk Mengidentifikasi Pemahaman Konsep Siswa Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya”** ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 29 Juli 2019



Latifah

4201415032

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Pengembangan Tes Diagnostik *Four-tier Multiple Choice* untuk Mengidentifikasi Pemahaman Konsep Siswa Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya” telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan ke sidang panitia ujian skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Hari : Senin

Tanggal : 29 Juli 2019

Semarang, 29 Juli 2019

Pembimbing



Dr. Bambang Subali, M.Pd.

NIP 197512272005011001

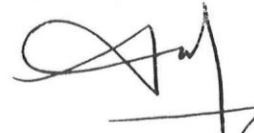
PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul Pengembangan Tes Diagnostik *Four-tier Multiple Choice* untuk Mengidentifikasi Pemahaman Konsep Siswa Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya disusun oleh Latifah NIM 4201415032 telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA pada tanggal 29 Juli 2019.

Panitia Ujian



Sekretaris



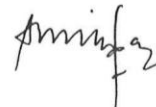
Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP 19680714199631005

Penguji I



Drs. Ngurah Made Darma Putra, M.Si., Ph.D.
NIP 196702171992031002

Penguji II



Prof. Dr. Ani Rusilowati, M.Pd.
NIP 196012191985032002

Pembimbing



Dr. Bambang Subali, M.Pd.
NIP 197512272005011001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- ❖ Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan (QS. Al-Insyirah: 5)
- ❖ Be your self

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Bapak Ahmad Sofan dan Ibu Tuti selaku orang tua saya yang selalu mendoakan, memberi nasihat dan dukungan;
2. Mas Syakur, Mas Nurul Huda, Syamsul Huda, dan Iqbal;
3. Guru-guru saya;
4. Sahabat-sahabat saya;
5. Almamater UNNES.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan Tes Diagnostik *Four-tier Multiple Choice* untuk Mengidentifikasi Pemahaman Konsep Siswa Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya ”.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa adanya partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang;
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang;
3. Dr. Bambang Subali, M.Pd., dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan arahan, saran, dan nasihat dalam penyusunan skripsi;
4. Prof. Dr. Hartono, M.Pd., dosen wali beserta seluruh dosen Jurusan Fisika UNNES yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh studi;
5. Kepala SMA N 1 Batang dan kepala SMA N 2 Batang yang telah memberikan izin penelitian kepada penulis;
6. Teman-teman Pendidikan Fisika Angkatan 2015;
7. Semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk kesempurnaan penulisan selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, lembaga, masyarakat, dan pembaca pada umumnya.

Semarang, 29 Juli 2019

Penulis

ABSTRAK

Latifah. 2019. *Pengembangan Tes Diagnostik Four-tier Multiple Choice untuk Mengidentifikasi Pemahaman Konsep Siswa Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya*. Skripsi, Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Prngetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Bambang Subali, M.Pd.

Kata Kunci: Tes Diagnostik, *Four-tier Multiple Choice*, Pemahaman Konsep Siswa, Gelombang Bunyi dan Cahaya.

Konsep-konsep fisika seringkali direpresentasikan dalam bentuk persamaan. Karakteristik tersebut menjadi penyebab kesulitan belajar siswa dalam memahami konsep. Oleh karena itu, diperlukan alat evaluasi yang dapat mendiagnosis kesulitan belajar siswa sehingga dapat diketahui letak ketidakpahaman konsep siswa. Tes diagnostik *four-tier multiple choice* dapat digunakan untuk mengetahui kesulitan belajar siswa sehingga kelemahan pemahaman konsep siswa dapat teridentifikasi. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui tahapan pengembangan tes diagnostik *four-tier multiple choice* yang dikembangkan, mengetahui tingkat kevalidan tes diagnostik *four-tier multiple choice* yang dikembangkan, dan mengetahui profil pemahaman konsep siswa pada materi gelombang bunyi dan cahaya. Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* (R&D). Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian dan pengembangan model 3D (*Define, Design, and Develop*). Pengembangan tes diagnostik *four-tier multiple choice* dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu tahap uji ahli, uji skala kecil, dan uji skala besar. Hasil validasi ahli diperoleh skor rata-rata validator 1 adalah 99,47% dan validator 2 adalah 96,88% yang artinya bahwa tes diagnostik ini sangat layak digunakan. Hasil uji skala kecil menunjukkan bahwa tes diagnostik dinyatakan reliabel dengan koefisien reliabilitas sebesar 0,831. Hasil uji skala besar diperoleh rata-rata persentase siswa yang berada pada kategori paham sebesar 10,92%, rata-rata persentase siswa yang tidak paham sebesar 55,42%, dan rata-rata persentase siswa yang mengalami miskonsepsi sebesar 33,67%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa tes diagnostik *four-tier multiple choice* yang dikembangkan layak diterapkan dalam pembelajaran untuk mengidentifikasi pemahaman konsep siswa materi gelombang bunyi dan cahaya.

ABSTRACT

Latifah. 2019. *Development of a Four-tier Multiple Choice Diagnostic Test to Identify Concept Understanding of Sound Wave and Light*. Final Project, Physical Education Faculty of Mathematics and Natural Sciences Semarang State University. Main Supervisor Dr. Bambang Subali, M.Pd.

Keywords: Diagnostic Test, Four-tier Multiple Choice, Concept Understanding, Sound Wave and Light.

Physics concepts are often represented in the form of equations. The characteristics of physics are a cause of students' learning difficulties in understanding the concepts. Therefore, evaluation tools are needed that can diagnose students learning difficulties so that it can be seen where the concept of students is not understood. Four-tier multiple choice diagnostic test can be used to determine student learning difficulties so that students' understanding of concept weaknesses can be identified. The purpose of this research is to determine the stage of developing a four-tier multiple choice diagnostic test, to find out the level of validity of a four-tier multiple choice diagnostic test, and to know the profile of concept understanding students on sound wave and light material. This research is a Research and Development (R & D). The method used is a method of research and development of 3D model (Define, Design, and Develop). The development of the four-tier multiple choice diagnostic test was conducted through three stages, namely stage expert testing, the small-scale test and the large-scale test. The results of expert validation obtained an average score validator 1 is 99.47% and validator 2 is 96.88%, which means that diagnostic test is feasible to use. The result of the small-scale test show that the diagnostic test is declared reliable with a reliability coefficient of 0.831. The result of the large-scale test obtained an average percentage of students in the understanding category is 10.92%, the average percentage of students who do not understand is 55.42%, and the average percentage of students who have misconceptions is 33.67%. Based on the result, we can conclude that a four-tier multiple choice diagnostic test developed feasible in learning to identify students' understanding of the concept on sound wave and light.

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pembatasan Masalah.....	4
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Penegasan Istilah	5
1.7 Sistematika Skripsi	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tes Diagnostik.....	8
2.2 <i>Four-tier Multiple Choice Test</i>	10
2.3 Pemahaman Konsep.....	13

2.4	Gelombang Bunyi dan Cahaya	15
2.5	Kerangka Berpikir	32
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Desain Penelitian	34
3.2	Subjek dan Lokasi Penelitian.....	34
3.3	Prosedur Penelitian	34
3.4	Teknik Pengumpulan Data.....	37
3.5	Instrumen Penelitian	38
3.6	Analisis Data.....	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Penelitian.....	44
4.2	Pembahasan	56
BAB V PENUTUP		
5.1	Simpulan.....	66
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN.....		70

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 CRI dan Kriteria.....	11
2.2 Rubik interpretasi hasil four-tier multiple choice test.....	12
2.3 Kategori proses kognitif pemahaman.....	14
2.4 Taraf intensitas berbagai sumber bunyi	22
3.1 Interpretasi validitas instrumen	39
3.2 Kriteria tingkat kesukaran soal uji coba instrumen.....	41
3.4 Klasifikasi daya beda	41
3.5 Kriteria persentase angket respons siswa	42
3.6 Rubik interpretasi hasil four-tier multiple choice test berdasarkan nilai CRI.....	43
4.1 Hasil rekapitulasi validasi angket respons siswa	47
4.2 Hasil rekapitulasi validasi ahli instrumen tes.....	48
4.3 Komentar dan saran perbaikan oleh validator.....	49
4.4 Tingkat kesukaran butir soal uji skala kecil.....	50
4.5 Kriteria daya beda butir soal uji skala kecil	51
4.6 Hasil rekapitulasi angket respons siswa uji skala kecil.....	52
4.7 Tingkat kesukaran soal uji skala besar.....	53
4.8 Kriteria daya beda butir soal uji skala besar	53
4.9 Hasil rekapitulasi angket respons siswa uji skala besar	54
4.10 Persentase siswa yang paham, tidak paham, dan miskonsepsi	55
4.11 Profil pemahaman konsep siswa berdasarkan pengelompokan kategori	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 (a) Superposisi gelombang stasioner dalam seutas tali dengan panjang L , diikat pada kedua ujung-ujungnya. (b) Harmonik ke satu atau nada dasar. (c) Harmonik kedua atau nada atas pertama. (d) Harmonik ketiga atau nada atas kedua.	17
2.2 Gelombang stasioner longitudinal dalam suatu pipa organa terbuka yang menghasilkan pola (a) harmonik pertama, (b) harmonik kedua, (c) harmonik ketiga.....	19
2.3 Gelombang stasioner longitudinal dalam suatu pipa organa tertutup yang menghasilkan pola (a) harmonik pertama, (b) harmonik kedua, (c) harmonik ketiga.....	20
2.4 Polarisasi dengan penyerapan selektif	24
2.5 Polarisasi dengan pemantulan	25
2.6 Polarisasi dengan pembiasan ganda	26
2.7 Polarisasi dengan hamburan.....	27
2.8 Pola difraksi cahaya pada celah tunggal.	28
2.9 Difraksi kisi	29
2.10 Interferensi celah ganda Young	30
2.11 Interferensi lapisan tipis	31
2.12 Kerangka berpikir pengembangan tes diagnostik four-tier multiple choice	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Kisi-Kisi Instrumen Tes Uji Skala Kecil	71
2 Instrumen Tes Uji Skala Kecil	74
3 Hasil Validasi Instrumen Tes oleh Ahli	90
4 Hasil Analisis Uji Validasi Ahli Instrumen Tes.....	96
5 Kisi-Kisi Angket Respons Siswa	97
6 Angket Respons Siswa.....	98
7 Lembar Validasi dan Rubrik Validasi Angket Respons Siswa.....	99
8 Hasil Validasi Angket Respons Siswa Oleh Ahli	103
9 Pedoman Wawancara Siswa	107
10 Lembar Validasi dan Rubrik Validasi Pedoman Wawancara Siswa	108
11 Hasil Validasi Pedoman Wawancara Oleh Ahli	111
12 Hasil Analisis Data Uji Skala Kecil.....	113
13 Hasil Rekapitulasi Angket Respons Siswa Uji Skala Kecil.....	115
14 Kisi-Kisi Instrumen Tes Uji Skala Besar	116
15 Instrumen Tes Uji Skala Besar.....	118
16 Hasil Analisis Data Uji Skala Besar	131
17 Hasil Rekapitulasi Angket Respons Siswa Uji Skala Besar	135
18 Hasil Analisis Kombinasi Jawaban Siswa	138
19 Transkrip Wawancara Siswa.....	140
20 Dokumentasi Penelitian	156

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mengaitkan konsep-konsep secara langsung dari fenomena alam. Fisika bukan hanya sekedar pengetahuan yang berupa fakta, konsep, dan prinsip. Namun juga suatu proses pembelajaran yang memberikan pengalaman langsung pada siswa dalam memahami alam sekitar secara ilmiah. Pembelajaran Fisika memiliki tujuan agar siswa dapat lebih berpikir dengan pola pikir yang ilmiah tentang segala sesuatu, terlebih mengenai alam sekitar (Syafiie, 2015). Menurut Amnirullah (2015) fisika adalah pembelajaran yang mengutamakan pemahaman konsep. Pemahaman konsep fisika sangat penting dalam pembelajaran karena pemahaman konsep dibutuhkan untuk mendapatkan hasil belajar yang maksimal.

Konsep-konsep fisika seringkali direpresentasikan dalam bentuk persamaan. Karakteristik ilmu fisika yang banyak menggunakan bahasa simbolik seringkali menjadi penyebab kesulitan belajar siswa dalam memahami konsep. Senada dengan penelitian yang dilakukan oleh Samudra *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa kesulitan belajar siswa dalam mempelajari fisika disebabkan oleh materi fisika yang padat, menghafal, menghitung, serta pembelajaran yang tidak kontekstual. Penelitian yang pernah dilakukan oleh Widya Bratha Sheftyan *et al.* (2018) menunjukkan rata-rata persentase siswa memahami konsep sebesar 17,56%, rata-rata siswa tidak memahami konsep sebesar 43,60%, dan rata-rata miskonsepsi siswa sebesar 38,84%. Hal ini menunjukkan pemahaman konsep siswa masih rendah. Siswa hanya mampu mengenali fakta dasar belum mampu mengaitkan berbagai topik sains apalagi menerapkan konsep-konsep yang abstrak dan kompleks (Darmayanti *et al.*, 2013).

Sedangkan dari hasil wawancara dengan guru mata pelajaran Fisika kelas XI SMA N 2 Batang, menunjukkan nilai ulangan harian materi gelombang bunyi dan cahaya yang diperoleh siswa hanya 60,00 yang berarti belum memenuhi kriteria ketuntasan minimum. Penyebab ketidaktuntasan dikarenakan kurangnya latihan soal sebagai bagian dari evaluasi pembelajaran. Hal ini menyebabkan kemampuan pemahaman konsep siswa kurang terasah dan berkembang. Selain itu, guru mata pelajaran Fisika hanya menggunakan teknik penilaian tes pilihan ganda biasa dan essay. Guru belum pernah menggunakan tes pilihan ganda dengan jawaban beralasan, selain itu alat evaluasi yang diterapkan di sekolah hanya menekankan pada pengukuran hasil belajar siswa, belum dapat mengidentifikasi kelemahan belajar siswa, sehingga pemahaman konsep siswa tidak terukur secara jelas dan guru kurang mampu dalam mengetahui kesulitan belajar siswa. Kesulitan belajar siswa dapat diketahui dengan mengidentifikasi kemampuan siswa dalam memahami konsep.

Pemahaman konsep sangat berperan penuh terhadap pembelajaran siswa. Pemahaman konsep dimulai dari konsep yang sederhana menuju konsep yang lebih kompleks. Konsep-konsep yang sudah dibangun digunakan siswa untuk menyelesaikan permasalahan, sehingga berguna dalam kehidupan sehari-hari (Zidny *et al.*, 2013). Dengan mengidentifikasi kelemahan pemahaman konsep siswa maka dapat diketahui kesulitan belajar siswa, mengingat hasil belajar siswa sebenarnya dapat dicapai secara optimal ketika kelemahan pemahaman konsep siswa sudah terdeteksi, karena siswa yang terus-menerus memiliki konsep yang tidak tepat, maka akan menimbulkan masalah belajar di masa yang akan datang (Wahyuningsih, 2013). Langkah yang dapat digunakan untuk membantu peserta didik dalam mengidentifikasi pemahaman konsep yang dimiliki adalah dengan mencari permasalahan, mencari penyebab, dan menentukan cara yang sesuai (Suparno, 2005, p.57). Alat ukur sangat diperlukan dalam mengidentifikasi pemahaman konsep siswa yaitu dengan menggunakan tes diagnostik.

Menurut Depdiknas (2007, p.1), tes diagnostik adalah tes yang digunakan untuk mengetahui kelemahan-kelemahan siswa sehingga hasil tersebut dapat

digunakan sebagai dasar untuk memberikan tindak lanjut berupa perlakuan yang tepat sesuai dengan kelemahan yang dimiliki siswa. Suwanto (2010) mengungkapkan bahwa tes diagnostik akan sangat bermanfaat untuk mengetahui kesulitan belajar siswa dan merupakan langkah awal untuk memperbaiki proses pembelajaran. Tes diagnostik yang baik dapat memberikan gambaran akurat mengenai informasi proses dan hasil belajar yang dicapai siswa. Tes diagnostik yang baik juga tidak hanya menunjukkan siswa tidak memahami bagian materi tertentu, akan tetapi juga dapat menunjukkan bagaimana siswa berpikir dan menjawab pertanyaan yang diberikan meskipun jawaban mereka tidak benar (Law & Treagust, 2010). Tes diagnostik dapat berupa, tes *multiple choice* dengan *reasoning* terbuka, tes *multiple choice* dengan alasan yang sudah ditentukan, dan tes esai tertulis (Susanti, 2014). Tes diagnostik yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah tes diagnostik *four-tier multiple choice*.

Four-tier multiple choice test merupakan pengembangan dari *three-tier multiple choice test*. Pengembangannya terdapat pada tambahan tingkat keyakinan siswa dalam memilih jawaban maupun alasan. Tingkat pertama merupakan soal pilihan ganda dengan empat pengecoh dan satu kunci jawaban yang harus dipilih siswa. Tingkat kedua merupakan tingkat keyakinan siswa dalam memilih jawaban. Tingkat ketiga merupakan alasan siswa dalam menjawab pertanyaan, berupa lima pilihan alasan yang telah disediakan. Tingkat keempat merupakan tingkat keyakinan siswa dalam memilih alasan. Tingkat keyakinan yang dikembangkan pada rentang angka 0 sampai 5 sesuai penelitian yang telah dilakukan oleh Caleon & Subramanian (2010).

Pengukuran tingkat keyakinan dilakukan dengan menggunakan *Certainty of Response Index* (CRI). *Certainty of Response Index* (CRI) didasarkan pada skala likert yang diberikan bersama dengan jawaban suatu soal. *Certainty of Response Index* (CRI) digunakan untuk membedakan jawaban siswa yang menjawab karena menebak, siswa yang kurang pengetahuannya, siswa yang mengalami miskonsepsi dan siswa yang benar-benar paham konsep (Hasan, 1999).

Tes diagnostik *four-tier multiple choice* dapat digunakan untuk mengidentifikasi pemahaman konsep siswa sehingga kelemahan siswa dapat teridentifikasi dan guru dapat melakukan kebijakan akademik lanjutan. Tindakan perbaikan yang dilakukan oleh guru diharapkan dapat mengarahkan siswa untuk memperkuat konsep yang belum dikuasai sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal.

Berdasarkan paparan diatas, dapat dijelaskan bahwa tes diagnostik *four-tier multiple choice* merupakan tes yang sesuai untuk dikembangkan sebagai instrumen untuk mengidentifikasi pemahaman konsep siswa materi Gelombang Bunyi dan Cahaya.

1.2 Pembatasan Masalah

Permasalahan yang dikaji oleh peneliti terbatas pada:

- (1) Identifikasi pemahaman konsep siswa menggunakan tes diagnostik *four-tier multiple choice*,
- (2) Materi yang digunakan untuk menyusun tes diagnostik *four-tier multiple choice* terbatas pada materi gelombang bunyi dan cahaya.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini:

- (1) Bagaimana tahapan pengembangan tes diagnostik *four-tier multiple choice* yang dikembangkan?
- (2) Bagaimana tingkat kevalidan tes diagnostik *four-tier multiple choice* yang dikembangkan?
- (3) Bagaimana profil pemahaman konsep siswa pada materi gelombang bunyi dan cahaya?

1.4 Tujuan Penelitian

- (1) Mengetahui tahapan pengembangan tes diagnostik *four-tier multiple choice* yang dikembangkan,
- (2) Mengetahui tingkat kevalidan tes diagnostik *four-tier multiple choice* yang dikembangkan,

- (3) Mengetahui profil pemahaman konsep siswa pada materi gelombang bunyi dan cahaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Peneliti berharap dapat memberikan berbagai manfaat atas penyusunan skripsi ini, yaitu:

1.5.1 Manfaat Teoretis

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai referensi dalam mengembangkan ilmu pengetahuan, menambah referensi mengenai pengembangan tes diagnostik dan dapat dijadikan sebagai masukan bagi penelitiam-penelitian yang akan datang mengenai pengembangan tes diagnostik.

1.5.2 Manfaat Praktis

- (1) Tes diagnostik *four-tier multiple choice* pada materi yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengidentifikasi pemahaman konsep siswa,
- (2) Tes diagnostik *four-tier multiple choice* bisa menjadi referensi bagi guru dalam membuat instrumen penilaian.

1.6 Penegasan Istilah

Ada beberapa istilah yang perlu dijelaskan pada penelitian ini agar tidak terjadi salah penafsiran. Adapun istilah-istilah tersebut antara lain:

1.6.1 Pengembangan

Pengembangan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) (2002, p. 538) merupakan proses, cara, perbuatan mengembangkan. Dalam penelitian ini pengembangan yang dimaksud adalah proses, cara, perbuatan mengembangkan *tes diagnostik four-tier multiple choice* untuk diuji kevalidanya terhadap pembelajaran Fisika materi gelombang bunyi dan cahaya untuk mengidentifikasi pemahaman konsep siswa.

1.6.2 Tes Diagnostik

Menurut Depdiknas (2007, p.1), tes diagnostik adalah tes yang digunakan untuk mengetahui kelemahan-kelemahan siswa sehingga hasil tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk memberikan tindak lanjut berupa perlakuan yang

tepat sesuai dengan kelemahan yang dimiliki siswa. Tes diagnostik yang baik dapat memberikan gambaran akurat mengenai informasi proses dan hasil yang dicapai siswa. Tes diagnostik yang baik tidak hanya menunjukkan bahwa siswa tidak memahami bagian tertentu, akan tetapi juga dapat menunjukkan bagaimana siswa berpikir dalam menjawab pertanyaan yang diberikan meskipun jawaban mereka tidak benar (Law & Treagust, 2010)

1.6.3 Four-tier Multiple Choice Test

Four-tier multiple choice tes merupakan pengembangan dari *three-tier multiple choice test*. Pengembangannya ada pada tambahan tingkat keyakinan dalam memilih jawaban dan alasan. Tingkat pertama merupakan soal pilihan ganda dengan empat pengecoh dan satu kunci jawaban yang benar. Tingkat kedua merupakan tingkat keyakinan siswa dalam memilih jawaban. Tingkat ketiga merupakan alasan siswa dalam memilih jawaban, berupa lima pilihan alasan yang tersedia. Tingkat keempat merupakan keyakinan siswa dalam memilih alasan. Tingkat keyakinan berada pada rentang angka 0 sampai 5 (Caleon & Subramaniam, 2010).

1.6.4 Pemahaman Konsep

Pemahaman (*comprehension*) merupakan salah satu taksonomi Blom untuk ranah kognitif yang berisi perilaku yang menekankan aspek intelektual, seperti pengetahuan dan ketrampilan berpikir. Ranah kognitif mengurutkan berpikir sesuai dengan tujuan yang diharapkan dan terdiri atas enam level, yaitu (1) *knowledge* (pengetahuan), (2) *comprehension* (pemahaman), (3) *application* (penerapan), (4) *analysis* (penguraian), (5) *synthesis* (pemaduan), dan (6) *evaluation* (penilaian).

Zidny *et al.* (2015) mengatakan bahwa pemahaman konsep merupakan pemahaman tentang hal-hal yang berhubungan dengan konsep, arti, sifat, dan uraian mengenai konsep dan juga kemampuan untuk menjelaskan teks, dan fenomena yang melibatkan konsep-konsep pokok yang bersifat abstrak dan teori-teori dari fisika. Pemahaman konsep merupakan proses yang sangat penting dalam kegiatan pembelajaran karena sangat diperlukan siswa untuk memecahkan masalah.

1.7 Sistematika Skripsi

Sistematika skripsi dalam penelitian ini terdiri dari 3 bagian, yaitu:

1.7.2 *Bagian Awal*

Bagian awal terdiri dari halaman judul, halaman pengesahan, pernyataan keaslian, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

1.7.3 *Bagian Isi*

Bagian isi terdiri dari 5 bab antara lain:

1. Bab 1 Pendahuluan mencakup latar belakang, pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, penegasan istilah, dan sistematika skripsi.
2. Bab 2 Tinjauan Pustaka mencakup teori-teori yang melandasi penelitian dan kerangka berpikir penelitian.
3. Bab 3 Metode Penelitian mencakup hal-hal yang berkaitan dengan penelitian meliputi: jenis penelitian, subjek dan lokasi penelitian, prosedur penelitian, teknik pengumpulan data, instrumen penelitian, dan analisis data.
4. Bab 4 Hasil Penelitian dan Pembahasan mencakup semua hasil penelitian yang telah dilakukan dan pembahasannya.
5. Bab 5 Penutup mencakup simpulan dan saran.

1.7.4 *Bagian Akhir*

Bagian akhir berisi daftar pustaka dan lampiran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tes Diagnostik

Menurut Depdiknas (2007, p.1), tes diagnostik adalah tes yang digunakan untuk mengetahui kelemahan-kelemahan siswa sehingga hasil tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk memberikan tindak lanjut berupa perlakuan yang tepat sesuai dengan kelemahan yang dimiliki siswa. Zhongbao (2013) menyatakan tes diagnostik utamanya adalah untuk mengetahui kekuatan dan kelemahan siswa dan memberi masukan kepada guru dan siswa untuk membuat keputusan terkait dengan perbaikan proses belajar mengajar.

Buku tes diagnostik yang diterbitkan Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah Tahun 2007 menyatakan beberapa karakteristik tes diagnostik yaitu: (a) dirancang untuk mendeteksi kesulitan belajar siswa, karena itu format dan respons yang dijangkau harus didesain memiliki fungsi diagnostik, (b) dikembangkan berdasar analisis terhadap sumber-sumber kesalahan atau kesulitan yang mungkin menjadi penyebab munculnya masalah siswa, dan (c) digunakan bentuk *selected response* (misal bentuk pilihan ganda) dan disertakan penjelasan mengapa memilih jawaban tertentu sehingga dapat meminimalisasi jawaban tebak, dan dapat ditentukan tipe kesalahan atau masalahnya.

Tes diagnostik harus dikembangkan berdasarkan analisis kemungkinan kesulitan yang dialami siswa. Kesulitan yang dialami siswa dapat diidentifikasi melalui respon jawaban dari pertanyaan yang diberikan kepada siswa (Chandrasegaran *et al.*, 2007). Tes diagnostik yang baik dapat memberikan gambaran akurat mengenai informasi proses dan hasil belajar yang dicapai siswa. Tes diagnostik yang baik tidak hanya menunjukkan bahwa siswa tidak memahami bagian tertentu, akan tetapi juga dapat menunjukkan bagaimana siswa berpikir dalam menjawab pertanyaan yang diberikan meskipun jawaban mereka tidak benar (Law & Treagust, 2010)

Langkah-langkah pengembangan tes diagnostik menurut Depdiknas (2007) adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kompetensi dasar yang belum tercapai ketuntasannya

Siswa yang mengalami kesulitan belajar, cenderung belum mencapai kompetensi dasar yang diharapkan. Untuk mengetahui tercapainya suatu kompetensi dasar dapat dilihat dari munculnya beberapa indikator. Apabila suatu kompetensi dasar belum tercapai, maka perlu didiagnosis indikator-indikator mana saja yang tidak perlu dimunculkan karena kemungkinan indikator-indikator tertentu saja yang menjadi masalah, sehingga cukup pada indikator yang diperlukan saja yang disusun tes diagnostiknya.

2. Menentukan kemungkinan sumber masalah

Setelah kompetensi dasar dan indikator yang bermasalah telah teridentifikasi, kemudian menentukan kemungkinan sumber masalahnya. Misalnya dalam pembelajaran Sains, ada beberapa sumber kesalahan antara lain: (a) tidak terpenuhinya prasyarat, (b) terjadinya miskonsepsi, (c) kelemahan dalam mengkonvers satuan, dan (d) rendahnya kemampuan pemecahan masalah.

3. Menentukan bentuk dan jumlah soal yang sesuai

Tes diagnostik dapat berupa pilihan ganda, uraian, maupun kinerja. Pemilihan bentuk dan panjang tes ditentukan oleh tujuan tes, jumlah peserta tes waktu yang tersedia, cakupan materi, dan karakteristik mata pelajaran yang diujikan.

4. Menyusun kisi-kisi

Penyusunan kisi-kisi merupakan langkah yang harus dilakukan sebelum melakukan penulisan soal. Kisi-kisi tes setidaknya memuat: (a) kompetensi dan indikator yang diduga bermasalah, (b) materi pokok yang terkait, (c) dugaan sumber masalah, (d) bentuk dan jumlah soal, dan (e) indikator soal.

5. Menulis soal

Soal ditulis sesuai dengan kisi-kisi yang telah disusun. Tes diagnostik memiliki karakteristik yang berbeda dengan tes lain. Jawaban yang diberikan oleh siswa harus memberikan informasi yang cukup untuk menduga masalah atau kesulitan yang dialaminya (memiliki fungsi diagnostik).

6. Meninjau soal

Setelah butir-butir soal dibuat, kemudian mereview kembali butir soal untuk memperbaiki soal jika masih ditemukan kesalahan sehingga dihasilkan butir soal yang baik. Butir soal yang baik tentunya memenuhi validitas isi yang divalidasi oleh pakar di bidangnya atau guru senior mapel terkait.

7. Menyusun kriteria penskoran

Penskoran atau pemeriksaan jawaban siswa harus dilakukan secara objektif. Kriteria penskoran memuat rentang skor yang menggambarkan pada rentang berapa saja siswa didiagnosis sebagai *mastery* (tuntas), atau belum *mastery* (belum tuntas), atau berupa rambu-rambu bahwa dengan jumlah *type error* tertentu siswa yang bersangkutan dinyatakan bermasalah.

2.2 Four-tier Multiple Choice Test

Four-tier multiple choice test merupakan pengembangan dari *three-tier multiple choice test*. Pengembangan tersebut terdapat pada ditambahkannya tingkat keyakinan siswa dalam memilih jawaban maupun alasan. Tingkat pertama merupakan soal pilhan ganda dengan empat pengecoh dan satu kunci jawaban yang harus dipilih siswa. Tingkat kedua merupakan tingkat keyakinan siswa dalam memilih jawaban. Tingkat ketiga merupakan alasan siswa menjawab pertanyaan, berupa lima pilihan alasan yang telah disediakan. Sedangkan untuk tingkat keempat merupakan tingkat keyakinan siswa dalam memilih alasan (Gurel *et al.*, 2017). Tingkat keyakinan yang dikembangkan berada pada rentang angka satu sampai enam sesuai penelitian yang telah dilakukan oleh Caleon & Subramaniam (2010).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Saleem hasan (1999), pengukuran tingkat keyakinan dilakukan dengan menggunakan *Certainty of Response Index* (CRI). *Certainty of Response Index* (CRI) merupakan teknik dengan pengukuran tingkat keyakinan/kepastian respon dalam menjawab setiap pertanyaan yang diberikan. *Certainty of Respon Index* (CRI) didasarkan pada skala likert yang diberikan bersama dengan jawaban suatu soal. Skala yang digunakan berada pada rentang 0 sampai 5.

Berikut Tabel 2.1 skala yang menunjukkan kriteria pada CRI menurut Hasan *et al.* (1999)

Tabel 2. 1 CRI dan Kriteria

CRI	Kriteria
0	<i>(Totally guessed answer)</i>
1	<i>(Almost guest)</i>
2	<i>(Not sure)</i>
3	<i>(Sure)</i>
4	<i>(Almost certain)</i>
5	<i>(Certain)</i>

Certainty of Respon Index (CRI) digunakan untuk membedakan jawaban siswa yang menjawab karena menerka, siswa yang kurang pengetahuannya, siswa yang mengalami miskonsepsi, dan siswa yang benar-benar memahami konsep. Nilai CRI rendah (0-2) menandakan adanya unsur menebak yang menunjukkan ketidaktahuan konsep. Nilai CRI tinggi menunjukkan kepercayaan diri yang tinggi. Jika nilai CRI tinggi disertai dengan jawaban benar, maka tingkat keyakinan atas kebenaran konsep dapat teruji dengan baik. Akan tetapi jika jawaban yang diperoleh salah, hal ini menunjukkan adanya suatu kekeliruan konsep dan dapat menjadi suatu indikator terjadinya miskonsepsi (Mustika *et al.*, 2014). Miskonsepsi merupakan suatu hal yang penting, karena miskonsepsi akan menyebabkan seseorang sulit untuk memahami konsep selanjutnya (Arslan *et al.*, 2012).

Hasil penskoran tes diagnostik *four-tier multiple choice* diberikan dengan memberikan skor 1 untuk pilihan jawaban maupun pilihan alasan yang benar dan skor 0 diberikan untuk pilihan jawaban maupun pilihan alasan yang salah. Tingkat keyakinan tergolong tinggi apabila dipilih dengan skala 3 atau 4 atau 5 dan tingkat keyakinan tergolong rendah apabila dipilih dengan skala 0 atau 1 atau 2. Pilihan tingkat keyakinan yang diberikan siswa tidak mempengaruhi skor yang diperoleh, karena pilihan tingkat keyakinan siswa hanya digunakan untuk mendeteksi kesalahan pemahaman konsep (Rusilowati, 2017, p.198).

Berikut rubik interpretasi hasil *four-tier multiple choice test* menurut Fariyani *et al.* (2015) yang disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Rubik interpretasi hasil *four-tier multiple choice test*.

Jawaban	Tingkat keyakinan jawaban	Alasan	Tingkat keyakinan alasan	Kriteria
Benar	Tinggi	Benar	Tinggi	Paham
Benar	Rendah	Benar	Rendah	
Benar	Tinggi	Benar	Rendah	
Benar	Rendah	Benar	Tinggi	
Benar	Rendah	Salah	Rendah	Tidak paham
Salah	Rendah	Benar	Rendah	
Salah	Rendah	Salah	Rendah	
Benar	Tinggi	Salah	Rendah	
Salah	Rendah	Benar	Tinggi	
Benar	Rendah	Salah	Tinggi	
Benar	Tinggi	Salah	Tinggi	
Salah	Tinggi	Benar	Rendah	
Salah	Tinggi	Benar	Tinggi	Miskonsepsi
Salah	Tinggi	Salah	Rendah	
Salah	Rendah	Salah	Tinggi	
Salah	Tinggi	Salah	Tinggi	

2.3 Pemahaman Konsep

Pemahaman berasal dari kata paham yang artinya mengerti benar suatu hal. Pemahaman adalah tingkatan kemampuan yang mengharapkan seseorang mampu memahami arti atau konsep, situasi serta fakta yang diketahuinya (Suwanto, 2009, p.83). Pemahaman (*comprehension*) merupakan salah satu taksonomi Bloom untuk ranah kognitif yaitu yang berisi perilaku yang menekankan aspek intelektual, seperti pengetahuan dan ketrampilan berpikir. Ranah kognitif mengurutkan keahlian berpikir sesuai dengantujuan yang diharapkan dan terdiri atas enam level, yaitu: (1) *knowledge* (pengetahuan), (2) *comprehension* (pemahaman), (3) *aplication* (penerapan), (4) *analysis* (penguraian), (5) *synthesis* (pemaduan), dan (6) *evaluation* (penilaian). Pada tahap pemahaman, siswa diminta untuk membuktikan bahwa ia memahami hubungan yang sederhana di antara fakta-fakta atau konsep (Arikunto, 2013, p.131).

Zidny *et al.* (2015) mengungkapkan bahwa pemahaman konsep merupakan pemahaman tentang hal-hal yang berhubungan dengan konsep, arti, sifat, dan uraian mengenai konsep dan juga kemampuan untuk menjelaskan teks, diagram, dan fenomena yang melibatkan konsep-konsep pokok yang bersifat abstrak dan teori-teori dari fisika. Pemahaman konsep merupakan proses kognisi yang sangat penting dalam kegiatan pembelajaran karena apabila siswa mengalami kesalahan konsep, maka konsep yang salah akan terus dibawa yang mengakibatkan siswa sulit dalam memahami konsep selanjutnya (Sandhu *et al.*, 2017).

Menurut Bloom sebagaimana dikutip Anderson & Krathwohl (2001, p.100) ada 7 indikator yang dikembangkan dalam tingkatan proses kognitif pemahaman (*understanding*), yaitu menafsirkan (*interpreting*), mencontohkan (*exemplifying*), mengklasifikasikan (*classifying*), meringkas (*summarizing*), menyimpulkan (*inferring*), membandingkan (*comparison*), dan menjelaskan (*explaining*).

Berikut kategori proses kognitif pemahaman, indikator dan definisinya menurut Anderson & Krathwohl (2001, p.100).

Tabel 2. 3 Kategori proses kognitif pemahaman.

Kategori	Indikator	Definisi
Menafsirkan (<i>interpreting</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mengklarifikasi, ➤ Memparafrasakan, ➤ Merepresentasi, ➤ Menerjemahkan 	Mengubah dari bentuk yang satu bentuk ke bentuk yang lain (<i>Changing from one form of representation to another</i>)
Mencontohkan (<i>exemplifying</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mengilustrasikan, ➤ Memberi contoh 	Menemukan contoh atau ilustrasi dari suatu konsep atau prinsip (<i>Finding a specific example or illustration of concept or principle</i>)
Mengklasifikasikan (<i>classifying</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mengategorikan, ➤ Mengelompokkan 	Menentukan sesuatu yang dimiliki oleh suatu kategori (<i>Determining that something belongs to a category</i>)
Merangkum (<i>summarizing</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mengabstraksi, ➤ Menggeneralisasi 	Mengabstraksikan tema umum atau poin pokok (<i>Abstracting a general theme or major point(s)</i>)
Menyimpulkan (<i>inferring</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Menyarikan, ➤ Mengekstrapolasi, ➤ Menginterpolasi, ➤ Memprediksi 	Penggambaran kesimpulan logis dari informasi yang disajikan (<i>Drawing a logical conclusion from presented information</i>)
Membandingkan (<i>comparison</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mengontraskan, ➤ Memetakan, ➤ Mencocokkan 	Mencari hubungan antara dua ide, objek atau hal serupa. (<i>Detecting correspondences between two ideas, object, and the like</i>)
Menjelaskan (<i>explaining</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mengkonstruksi model 	Mengkonstruksi model sebab-akibat dari suatu sistem (<i>Constructing a cause and effect model of a system</i>)

2.4 Gelombang Bunyi dan Cahaya

Materi gelombang bunyi dan cahaya terdiri atas beberapa sub materi yaitu, sifat-sifat dan karakter gelombang bunyi, gelombang pada alat penghasil bunyi, intensitas gelombang bunyi, taraf intensitas bunyi, efek Doppler, polarisasi cahaya, difraksi dan interferensi cahaya.

2.4.1 Sifat dan Karakteristik Gelombang Bunyi

Sifat-sifat gelombang bunyi sama dengan sifat-sifat gelombang pada umumnya, diantaranya sebagai berikut.

1) Gelombang Bunyi Dapat Dipantulkan (refleksi)

Karena bunyi merupakan gelombang, maka bunyi juga dapat dipantulkan. Pemantulan bunyi memenuhi hukum pemantulan, yaitu sudut datang sama dengan sudut pantul. Pemantulan bunyi dalam ruang tertutup dapat menimbulkan gaung atau kerdam yaitu sebagian bunyi pantul bersamaan dengan bunyi asli sehingga bunyi asli menjadi tidak jelas.

2) Gelombang Bunyi Dapat Dibiaskan (refraksi)

Gelombang bunyi akan dibiaskan ketika melewati dua medium yang kerapatannya berbeda. Contoh peristiwa pembiasan gelombang bunyi yaitu ketika pada malam hari kita mendengar suara petir lebih keras daripada siang hari.

3) Gelombang Bunyi Dapat Dilenturkan (difraksi)

Gelombang bunyi di udara memiliki panjang gelombang dalam rentang beberapa sentimeter dan meter. Gelombang yang panjang gelombangnya lebih panjang akan lebih mudah mengalami difraksi. Itulah sebabnya kita dapat mendengar suara mesin mobil sebelum tikungan jalan walaupun kita belum melihat mobil tersebut karena terhalang oleh bangunan tinggi di pinggir tikungan.

4) Gelombang Bunyi Dapat Dipadukan (interferensi)

Interferensi bunyi memerlukan dua sumber bunyi yang koheren. Interferensi gelombang bunyi dibedakan menjadi dua yaitu, interferensi konstruktif (penguatan

bunyi) dan interferensi destruktif (pelemahan bunyi). Contoh interferensi bunyi terjadi ketika kita berada didekat *loud speaker* maka kita akan mendengar bunyi kuat dan bunyi lemah secara bergantian.

Karakteristik gelombang bunyi antara lain sebagai berikut.

- a. Bunyi termasuk gelombang longitudinal

Berdasarkan arah rambatnya, arah rambat gelombang bunyi sejajar dengan getarannya sehingga termasuk gelombang longitudinal.

- b. Bunyi dihasilkan oleh sumber bunyi

Bunyi dihasilkan oleh sumber bunyi, dapat berupa biola, gitar, drum, dan sebagainya.

- c. Tinggi rendahnya nada bunyi bergantung pada frekuensinya

Semakin tinggi frekuensi maka semakin tinggi nadanya dan sebaliknya semakin rendah frekuensi maka semakin rendah nadanya.

- d. Kuat lemahnya bunyi bergantung pada amplitudo gelombang.

Semakin besar amplitudo maka semakin kuat bunyi dan sebaliknya semakin kecil amplitudonya semakin lemah bunyi yang terdengar.

- e. Frekuensi bunyi memengaruhi bunyi bisa didengar oleh manusia atau tidak

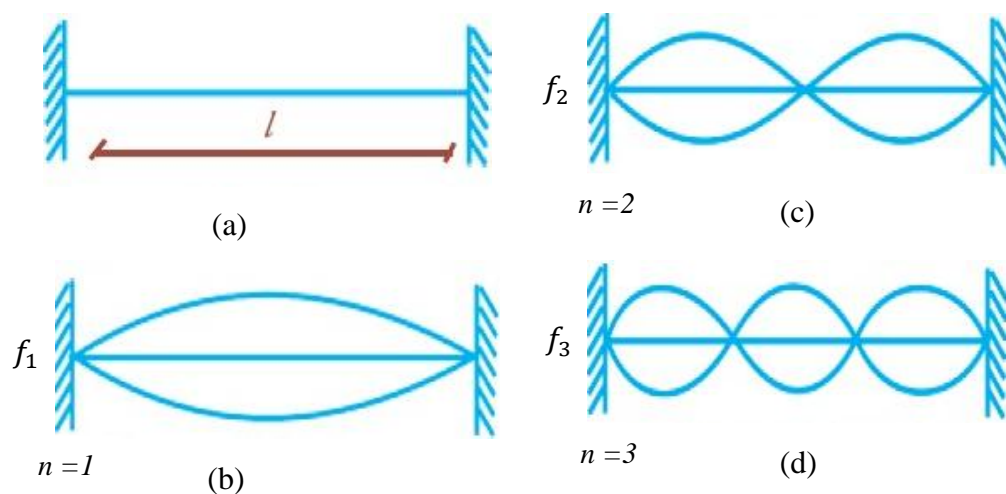
Bunyi dapat didengar telinga manusia adalah bunyi audiosonik yaitu bunyi yang memiliki frekuensi 20-20.000 Hz. Bunyi infrasonik yaitu bunyi yang memiliki frekuensi dibawah 20 Hz. Adapun bunyi ultrasonik yaitu bunyi yang memiliki frekuensi di atas 20.000 Hz. Bunyi infrasonik dan ultrasonik tidak dapat didengar oleh manusia.

2.4.2 Gelombang pada Alat Penghasil Bunyi

Alat penghasil bunyi yang akan dipelajari adalah senar dan pipa organa.

a. Resonansi pada Senar

Gelombang pada senar atau dawai terdiri atas sejumlah perut dan simpul. Pola-pola resonansi pada senar ditunjukkan pada Gambar 2.1. (Khanafiyah, p.100, 2013)



Gambar 2. 1 (a) Superposisi gelombang stasioner dalam seutas tali dengan panjang L , diikat pada kedua ujung-ujungnya. (b) Harmonik ke satu atau nada dasar. (c) Harmonik kedua atau nada atas pertama. (d) Harmonik ketiga atau nada atas kedua.

Perhatikan seutas senar dengan panjang L yang diikat kedua ujungnya seperti Gambar 2.1a. Pola gelombang untuk nada dasar ditunjukkan pada Gambar 2.1b. Di sini terjadi 2 simpul dan 1 perut, dan panjang senar sama dengan $\frac{\lambda}{2}$.

$$L = \frac{\lambda_1}{2} \text{ atau } \lambda_1 = 2L$$

Frekuensi nada dasar adalah sebagai berikut.

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$$

Pola nada berikutnya seperti pada Gambar 2.1c terjadi 3 simpul dan 2 perut disebut nada atas pertama. Pada nada atas pertama panjang senar sama dengan λ_2 .

$$L = \lambda_2 \text{ atau } \lambda_2 = L$$

Frekuensi nada atas pertama adalah sebagai berikut.

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{L} = \frac{2v}{2L} = 2f_1$$

Perhatikan bahwa frekuensi ini sama dengan dua kali frekuensi nada dasar. Sehingga frekuensi dari getaran seperti Gambar 2.1d adalah sebagai berikut.

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{3v}{2L} = 3f_1$$

Frekuensi-frekuensi f_1 , f_2 , f_3 dan seterusnya disebut frekuensi resonansi. Secara umum dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$f_n = nf_1 = \frac{nv}{2L}$$

dengan $n = 1, 2, 3, \dots$

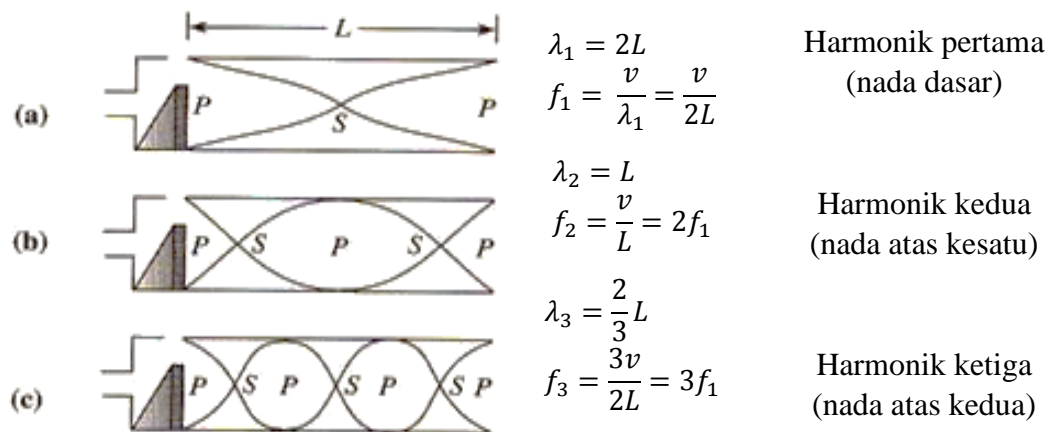
Dengan kata lain, frekuensi nada-nada atas senar adalah kelipatan bulat dari frekuensi nada dasarnya. Frekuensi-frekuensi f_1 , $2f_1$, $3f_1$ yang membentuk deret harmonik.

b. Gelombang pada Pipa Organa

Frekuensi resonansi pipa organa bergantung pada panjang pipa dan keadaan ujung pipa organa, yaitu terbuka atau tertutup.

1) Resonansi pada Pipa Organa Terbuka

Pipa organa dengan ujung terbuka (berhubungan dengan udara luar) disebut pipa organa terbuka. Pada tepi yang terbuka, udara bebas bergerak sehingga pada bagian ini selalu terjadi perut. Pada ujung pipa yang terbuka, udara juga bebas bergerak sehingga disini juga selalu terjadi perut. Tiga keadaan resonansi dalam pipa organa terbuka ditunjukkan pada Gambar 2.2. (Kanginan, p.450, 2016)



Gambar 2. 2 Gelombang stasioner longitudinal dalam suatu pipa organa terbuka yang menghasilkan pola (a) harmonik pertama, (b) harmonik kedua, (c) harmonik ketiga.

Pola gelombang untuk nada dasar ditunjukkan pada Gambar 2.2a yaitu terjadi 2 perut dan 1 simpul dengan panjang kolom udara sama dengan $\frac{1}{2} \lambda_1$ (jarak antara 2 perut berdekatan). Pola resonansi berikutnya yaitu nada atas pertama ditunjukkan pada Gambar 2.2b terjadi 3 perut dan 2 simpul dengan panjang pipa sama dengan λ_2 . Pola resonansi berikutnya yaitu nada atas kedua ditunjukkan pada Gambar 2.2c terjadi 4 perut dan 3 simpul dengan panjang pipa sama dengan $\frac{3}{2} \lambda_3$.

Persamaan frekuensi untuk pipa organa terbuka sama dengan persamaan frekuensi untuk tali yang terikat kedua ujungnya. Oleh karena itu, persamaan umum frekuensi resonansi pipa organa harus sama dengan persamaan umum untuk tali yang terikat kedua ujungnya, yaitu sebagai berikut.

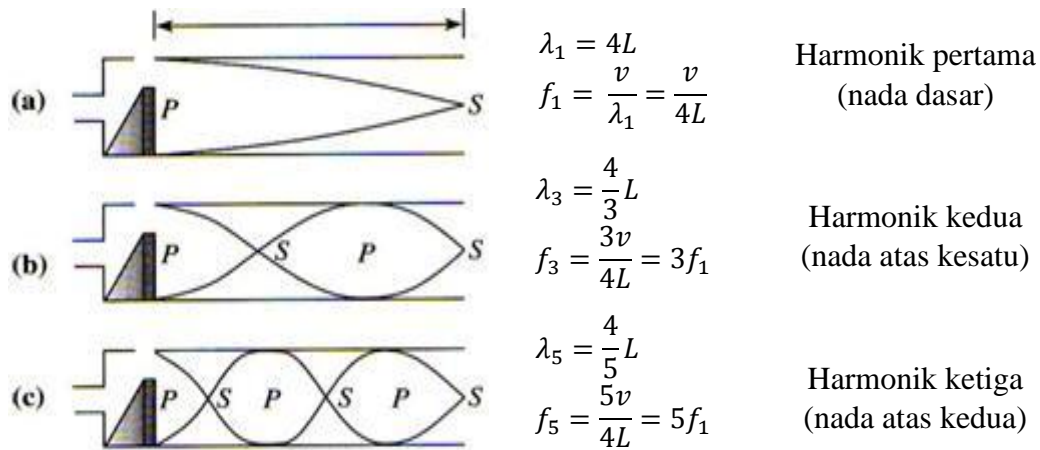
$$f_n = n f_1 = \frac{nv}{2L} \text{ dengan } n = 1, 2, 3, \dots$$

Jadi, pipa organa terbuka semua harmonik, (ganjil dan genap) muncul dan frekuensi harmonik merupakan kelipatan bulat dari harmonik kesatunya.

2) Resonansi pada Pipa Organa Tertutup

Pada ujung pipa tertutup, udara tidak bebas bergerak sehingga pada ujung pipa selalu terjadi simpul.

Tiga keadaan resonansi dalam pipa organa tertutup ditunjukkan pada Gambar 2.3 sebagai berikut. (Kanginan, p.452, 2016)



Gambar 2. 3 Gelombang stasioner longitudinal dalam suatu pipa organa tertutup yang menghasilkan pola (a) harmonik pertama, (b) harmonik kedua, (c) harmonik ketiga.

Pola gelombang untuk nada dasar ditunjukkan pada Gambar 2.3a yaitu terjadi 1 perut dan 1 simpul dengan panjang kolom udara sama dengan $\frac{1}{4}\lambda_1$ (jarak antara perut dan simpul berdekatan). Pola resonansi berikutnya yaitu nada atas pertama ditunjukkan pada Gambar 2.3b terjadi 2 perut dan 2 simpul dengan panjang pipa sama dengan $\frac{3}{4}\lambda_3$. Pola resonansi berikutnya yaitu nada atas kedua ditunjukkan pada Gambar 2.3c terjadi 3 perut dan 3 simpul dengan panjang pipa sama dengan $\frac{5}{4}\lambda_5$.

Tampak bahwa pada kasus pipa organa tertutup hanya harmonik-harmonik ganjil yang muncul. Secara umum, persamaan frekuensi resonansi pipa organa tertutup dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$f_n = nf_1 = \frac{nv}{4L} \text{ dengan } n = 1, 2, 3, \dots$$

2.4.3 Intensitas Gelombang Bunyi

Intensitas bunyi adalah besar energi bunyi tiap satuan waktu tiap satuan luas yang datang tegak lurus. Dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$I = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

I = intensitas bunyi (W/m²)

P = daya bunyi (W)

A = luas bidang (m²)

Bila sumber bunyi berbentuk sumber titik, bunyi akan disebarkan ke segala arah dengan cara yang sama. Dalam hal ini maka muka gelombangnya akan berbentuk bola, dan gelombang ini dinamakan gelombang sferis. Pada gelombang sferis intensitas bunyi di suatu titik pada jarak r dari sumber tersebut adalah:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Berdasarkan persamaan di atas terlihat bahwa intensitas bunyi disuatu tempat berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya, makin jauh dari sumber bunyi, maka intensitasnya semakin kecil. Jika titik 1 berjarak r₁ dan titik 2 berjarak r₂ dari sumber bunyi, perbandingan intensitas bunyi antara titik 1 dan 2 dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

2.4.4 Taraf Intensitas Bunyi

Taraf intensitas bunyi adalah logaritma perbandingan intensitas bunyi dengan harga ambang pendengaran. Dirumuskan dalam persamaan berikut.

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Keterangan:

TI = taraf intensitas bunyi (dB)

I = intensitas bunyi (W/m^2)

I_0 = intensitas ambang pendengaran = $10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$

Berikut Tabel 2.4 yang menunjukkan taraf intensitas yang dihasilkan oleh berbagai sumber bunyi. (Kanginan, p.456, 2016).

Tabel 2. 4 Taraf intensitas berbagai sumber bunyi

Sumber bunyi	Intensitas bunyi ($\times 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$)	Taraf intensitas bunyi (dB)
Pesawat jet	10^{12}	120
Disko	10^{11}	110
Guntur	$10^{10} - 10^9$	90-100
Kereta api	$10^8 - 10^7$	70-80
Tabrakan	$10^6 - 10^5$	50-60
Berbicara	10^4	40
Berbisik	10^2	20
Bernapas	10^1	0-10

2.4.5 Efek Doppler

Secara umum, efek Doppler dialami ketika ada suatu gerak relatif antara sumber bunyi dan pengamat. Peristiwa ini pertama kali dikemukakan oleh fisikawan Austria, Cristian Johann Doppler (1803-1855). Misalkan Anda sedang diam di pinggir jalan dan sebuah mobil ambulans yang sirenenya berbunyi sedang bergerak mendekati Anda. Tak lama kemudian mobil melewati Anda dan bergerak menjauhi Anda. Jika Anda mendengar bunyi secara seksama, nada bunyi sirene lebih tinggi ketika mobil mendekati Anda dan lebih rendah ketika mobil menjauhi Anda. Nada bunyi sirene berkaitan dengan frekuensi bunyi. Dari peristiwa tersebut dapat disimpulkan bahwa jika sumber bunyi (mobil) dan pengamat (Anda) saling bergerak relatif satu terhadap lainnya (menjauhi atau mendekati), frekuensi yang diterima pengamat tidak sama dengan frekuensi yang dipancarkan oleh sumber.

Persamaannya dirumuskan sebagai berikut.

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s$$

Keterangan:

f_p = frekuensi yang didengar oleh pendengar (Hz)

f_s = frekuensi yang dipancarkan oleh sumber bunyi (Hz)

v_p = kecepatan pendengar (m/s)

v_s = kecepatan sumber bunyi (m/s)

Tanda (+) untuk v_p dipakai bila pendengar bergerak mendekati sumber bunyi.

Tanda (-) untuk v_p dipakai bila pendengar bergerak menjauhi sumber bunyi.

Tanda (+) untuk v_s dipakai bila sumber bunyi bergerak menjauhi pendengar.

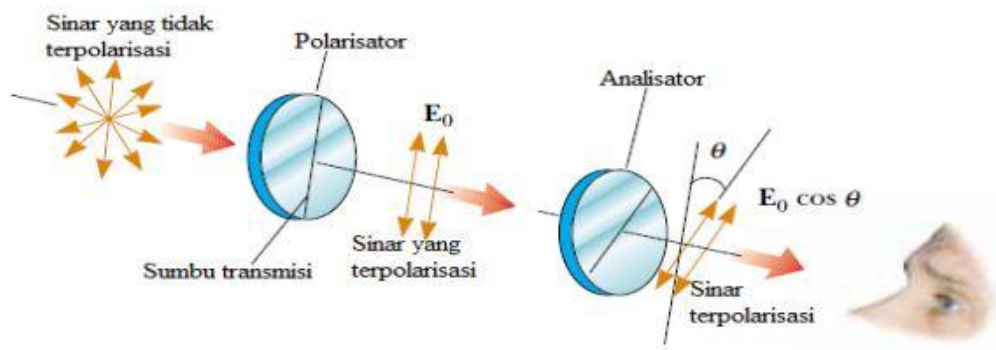
Tanda (-) untuk v_s dipakai bila sumber bunyi bergerak mendekati pendengar.

2.4.6 Polarisasi Cahaya

Gelombang cahaya termasuk gelombang transversal sehingga mengalami gejala polarisasi. Polarisasi cahaya adalah terserapnya sebagian arah getar cahaya. Cahaya yang sebagian arah getarnya terserap disebut cahaya terpolarisasi, dan jika cahaya hanya mempunyai satu arah getar tertentu disebut cahaya terpolarisasi linier. Cahaya terpolarisasi dapat diperoleh dari cahaya tak terpolarisasi yaitu ada empat cara untuk melakukan hal tersebut.

a. Polarisasi dengan Penyerapan Selektif

Teknik yang umum untuk menghasilkan cahaya terpolarisasi adalah menggunakan polaroid yang akan meneruskan gelombang-gelombang yang arah getarnya sejajar dengan sumbu transmisi dan menyerap gelombang-gelombang pada arah getar lainnya.



Gambar 2. 4 Polarisasi dengan penyerapan selektif

Pada Gambar 2.4 tampak dua buah polaroid, polaroid pertama disebut polarisator yang berfungsi untuk menghasilkan cahaya terpolarisasi dan polaroid kedua disebut analisator yang berfungsi untuk mengurangi intensitas cahaya terpolarisasi. Seberkas cahaya alami menuju ke polarisator. Disini cahaya dipolarisasi secara vertikal, yaitu hanya komponen vektor medan listrik \mathbf{E} yang sejajar dengan sumbu transmisi saja yang dilewatkan, sedangkan yang lainnya diserap. Di analisator semua komponen \mathbf{E} yang tegak lurus dengan sumbu transmisi diserap, hanya komponen \mathbf{E} yang sejajar yang diteruskan, Jadi kuat medan listrik yang diteruskan oleh analisator adalah sebagai berikut.

$$E_2 = E \cos \theta$$

Jika cahaya alami tak terpolarisasi yang jatuh pada polaroid pertama memiliki intensitas I_0 , cahaya terpolarisasi yang melewati polarisator I_1 adalah sebagai berikut.

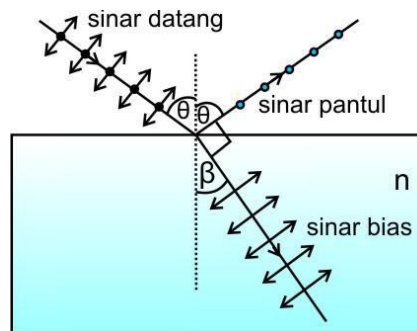
$$I_1 = \frac{1}{2} I_0$$

Cahaya dengan intensitas I_1 kemudian datang pada analisator dan cahaya yang keluar dari analisator akan memiliki intensitas I_2 . Menurut hukum Malus, hubungan antara I_2 dan I_1 dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta$$

b. Polarisasi dengan Pemantulan

Cahaya terpolarisasi dapat diperoleh dari cahaya tak terpolarisasi dengan cara pemantulan. Jika seberkas cahaya menuju ke bidang batas antara dua medium, sebagian cahaya akan dipantulkan. Perhatikan berkas cahaya tak terpolarisasi yang datang pada bidang batas antara dua medium, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2. 5 Polarisasi dengan pemantulan

Ketika sudut datang θ diubah sampai sudut antara sinar bias dan sinar pantul menjadi 90° ternyata sinar pantul terpolarisasi sempurna dengan vektor medan listrik sejajar dengan bidang, sementara sinar bias terpolarisasi sebagian. Sudut datang yang menghasilkan sinar pantul terpolarisasi sempurna disebut sudut polarisasi atau sudut Brewster (θ).

$$\theta + 90^\circ + \beta = 180^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - \theta$$

$$\sin \beta = \sin(90^\circ - \theta)$$

$$\sin \beta = \cos \theta$$

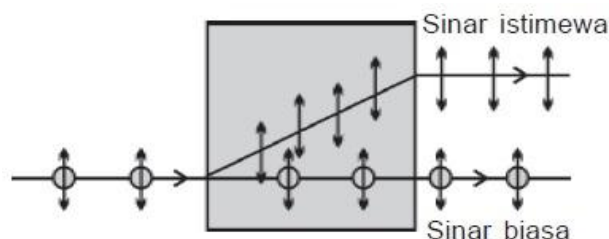
Dengan menggunakan persamaan $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, dan untuk $\theta_1 = \theta$ akan diperoleh persamaan berikut.

$$\tan \theta = \frac{n_2}{n_1}$$

Persamaan tersebut dinyatakan pertama kali oleh David Brewster (1781-1868) sehingga dikenal dengan hukum Brewster.

c. Polarisasi dengan Pembiasan Ganda

Efek polarisasi ganda yang terjadi ketika cahaya/sinar dilewatkan melalui kristal Iceland spar (yang sekarang kita kenal sebagai kristal kalsit) pertama kali ditemukan oleh Bartholinus pada tahun 1669. Lalu, kemudian pada tahun 1690, Christian Huygens menemukan fenomena polarisasi cahaya dengan melewati cahaya melalui dua buah kristal kalsit yang disusun secara seri. Huygens mendapatkan bahwa jika sebuah sinar masuk ke dalam kristal kalsit dalam berbagai sudut masuk, maka sinar itu akan terpecah menjadi dua buah sinar yang keluar dari kristal kalsit.



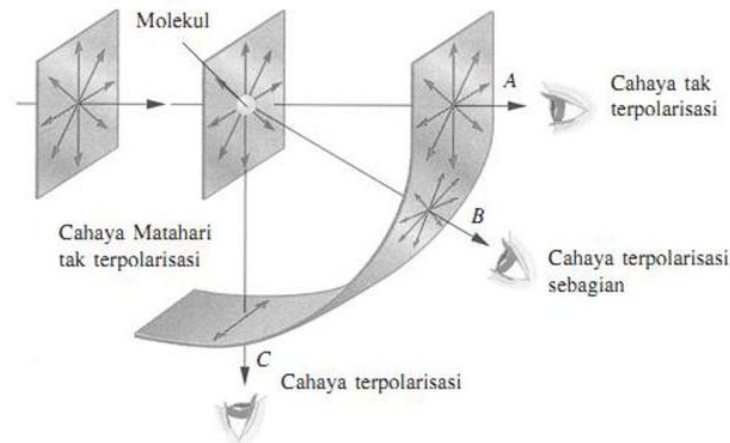
Gambar 2. 6 Polarisasi dengan pembiasan ganda

Jika cahaya melalui kaca, maka cahaya lewat dengan kelajuan sama ke segala arah. Ini disebabkan kaca mempunyai satu indeks bias. Tetapi dalam bahan kristal tertentu seperti kalsit dan kuarsa. Kelajuan cahaya tidak sama untuk ke segala arah. Ini disebabkan kristal mempunyai lebih dari satu nilai indeks bias. Jadi cahaya yang lewat mengalami pembiasan ganda. Jika seberkas sinar datang searah garis normal, maka sinar ini akan dibagi menjadi dua sinar. Sinar pertama diteruskan tanpa pembelokan disebut sebagai sinar biasa. Sinar kedua dibelokkan, dan disebut sebagai sinar istimewa. Peristiwa ini disebut sebagai polarisasi dengan pembiasan ganda. Jadi polarisasi pembiasan ganda terjadi pada kristal yang memiliki lebih dari satu nilai indeks bias

d. Polarisasi dengan Hamburan

Jika cahaya datang pada suatu sistem partikel (misal gas), elektron-elektron dalam partikel dapat menyerap dan memancarkan kembali sebagian dari cahaya. Penyerapan dan pemancaran kembali cahaya oleh partikel-partikel ini disebut

hamburan. Hamburan dapat menyebabkan cahaya matahari tak terpolarisasi menjadi cahaya terpolarisasi sebagian atau terpolarisasi sempurna.



Gambar 2. 7 Polarisasi dengan hamburan.

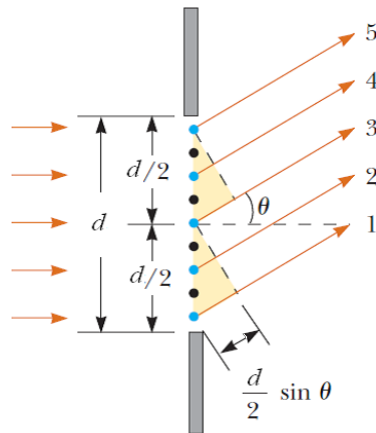
Gambar 2.7 menunjukkan cahaya matahari tak terpolarisasi dihamburkan oleh sebuah molekul menyebabkan elektron-elektron dalam molekul penghambur bergetar pada suatu bidang tegak lurus terhadap arah rambat cahaya. Cahaya yang diradiasikan langsung tegak lurus bidang getaran elektron-elektron dalam molekul, yaitu dalam arah A adalah tak terpolarisasi, persis seperti cahaya yang menabrak molekul. Namun, cahaya yang diradiasikan tegak lurus terhadap cahaya datang, yaitu dalam arah C adalah terpolarisasi sempurna. Adapun cahaya yang diradiasikan dalam arah antara A dan C, misalnya dalam arah B akan terpolarisasi sebagian. (Kanginan, p.467, 2016)

2.4.7 Difraksi Cahaya

Difraksi cahaya adalah peristiwa pelenturan cahaya yang akan terjadi jika cahaya melalui celah yang sangat sempit. Kita dapat melihat gejala ini dengan mudah pada cahaya yang melewati sela jari-jari yang kita rapatkan kemudian kita arahkan pada sumber cahaya yang jauh. Misalnya lampu neon, atau dengan melihat melalui kisi kain tenun yang terkena sinar lampu yang cukup jauh.

b. Difraksi Celah Tunggal

Pola interferensi pada difraksi celah tunggal terlihat adanya garis-garis gelap, sedangkan pola terangnya lebar. Terang pusat akan melebar setengah bagian lebih lebar pada kedua sisi.



Gambar 2. 8 Pola difraksi cahaya pada celah tunggal.

Gelombang-gelombang yang datang dari berbagai bagian celah, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8. Menurut Huygens, tiap bagian celah berlaku sebagai sebuah sumber gelombang. Dengan demikian, cahaya dari satu bagian celah dapat berinterferensi dengan cahaya dari bagian lainnya, dan intensitas resultannya pada layar bergantung pada arah θ . Untuk menganalisis pola difraksi, kita bagi celah menjadi dua bagian. Perhatikan gelombang 1 dan 3 yang keluar dari bawah dan tengah celah. Gelombang 1 menempuh lintasan yang lebih jauh daripada gelombang 3 dengan beda lintasan $\frac{d}{2} \sin \theta$.

Interferensi minimum (pola gelap) terjadi jika kedua gelombang berbeda fase 180° atau beda lintasannya sama dengan setengah panjang gelombang. Berikut persamaan untuk pola interferensi minimum pada difraksi celah tunggal.

$$d \sin \theta = n\lambda$$

Interferensi maksimum (pola terang) terjadi jika kedua gelombang memiliki beda fase yang sama. Berikut persamaan untuk pola interferensi maksimum pada difraksi celah tunggal.

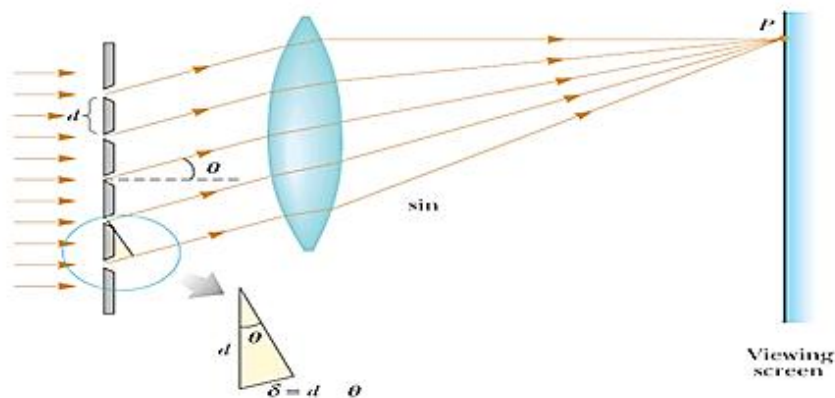
$$d \sin \theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$$

c. Difraksi Kisi

Kisi merupakan celah-celah sempit sejajar yang berjarak sama. Sebuah kisi dapat memiliki ribuan garis (goresan) per sentimeter. Hubungan jarak antar celah, d , dan jumlah garis pada kisi, N , adalah sebagai berikut.

$$d = \frac{1}{N}$$

Berikut diagram skematis dari sebuah kisi difraksi. (Kanginan, p.480, 2016)



Gambar 2. 9 Difraksi kisi

Suatu gelombang cahaya datang dari kiri, berarah normal (tegak lurus) terhadap bidang kisi. Sebuah lensa cembung dapat digunakan untuk membawa sinar-sinar yang melalui celah bersatu di titik P. Tiap celah menghasilkan difraksi dan berkas-berkas difraksi pada gilirannya akan berinterferensi satu sama lain untuk menghasilkan pola. Terlihat bahwa beda lintasan di antara gelombang-gelombang dari dua celah berdekatan adalah $d \sin \theta$.

Interferensi maksimum (pola terang) terjadi jika kedua gelombang memiliki beda lintasannya sama dengan satu panjang gelombang. Berikut persamaan untuk pola interferensi maksimum pada difraksi kisi.

$$\Delta S = d \sin \theta = n\lambda$$

Berikut persamaan untuk pola interferensi maksimum (pola gelap) pada difraksi kisi.

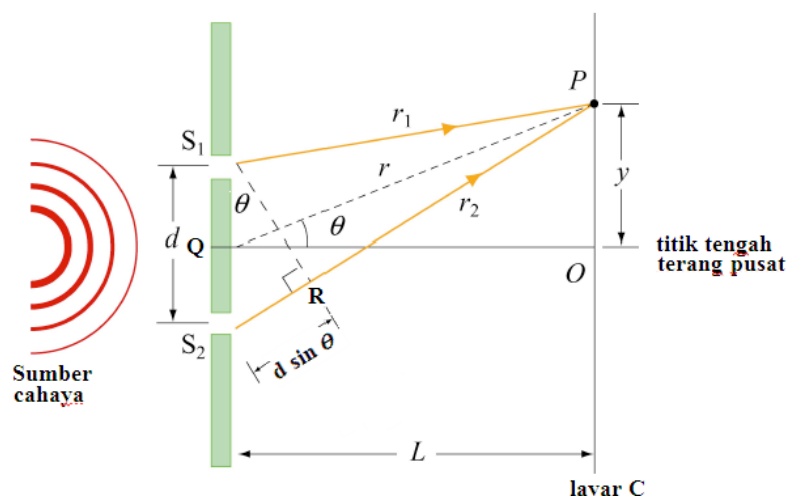
$$d \sin \theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$$

2.4.8 Interferensi Cahaya

Interferensi cahaya terjadi karena adanya perpaduan dua gelombang cahaya.

a. Interferensi Celah Ganda Young

Pada percobaan Young, dua gelombang cahaya yang koheren diperoleh dengan membagi muka gelombang. Hal ini dilakukan dengan mengingat prinsip Huygens yang menyatakan bahwa titik-titik yang terletak pada muka gelombang (front gelombang) merupakan sumber titik baru, yang akan merambatkan gelombang ke segala arah dengan muka gelombang sekunder yang berbentuk lingkaran. Muka gelombang baru adalah garis singgung muka-muka gelombang sekunder tersebut.



Gambar 2. 10 Interferensi celah ganda Young

Perhatikan titik P pada layar C yang terletak sejauh L dari celah S_1 atau S_2 . Jarak antara kedua celah adalah d . Tampak bahwa lintasan yang ditempuh oleh cahaya dari S_1 (S_1P) lebih pendek daripada cahaya dari S_2 (S_2P). Selisih antara keduanya disebut beda lintasan yaitu sebesar $d \sin \theta$.

Interferensi maksimum (pola terang) terjadi ketika kedua gelombang yang berpadu memiliki fase sama. Fase sama antara dua gelombang terjadi jika beda lintasan antara keduanya ΔS , sama dengan $0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$. Secara matematis dapat kita tulis sebagai berikut.

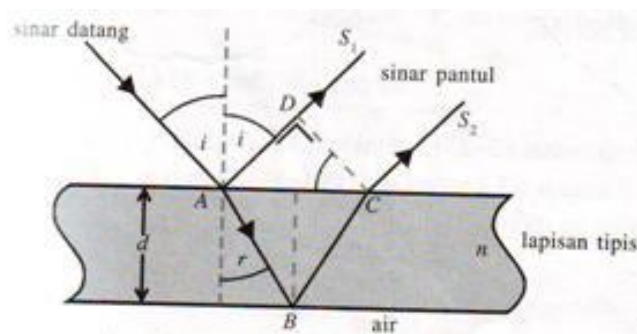
$$\Delta S = d \sin \theta = n\lambda \text{ dengan } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Interferensi minimum (pola gelap) terjadi ketika kedua gelombang yang berpadu berlawanan fase atau memiliki beda lintasan ΔS , sama dengan $\frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \dots$. Secara matematis dapat kita tulis sebagai berikut.

$$\Delta S = d \sin \theta = (n - \frac{1}{2})\lambda \text{ dengan } n = 1, 2, 3, \dots$$

b. Interferensi pada Lapisan Tipis

Dalam kehidupan sehari-hari sering kita melihat adanya warna-warna pelangi yang terjadi pada gelembung air sabun atau adanya lapisan minyak di permukaan air jika terkena cahaya matahari. Hal ini menunjukkan adanya interferensi cahaya matahari pada selaput tipis air sabun atau selaput tipis minyak di atas permukaan air. Interferensi cahaya terjadi dari cahaya yang dipantulkan oleh lapisan permukaan atas dan bawah dari selaput tipis tersebut.



Gambar 2. 11 Interferensi lapisan tipis

Gambar 2.11 melukiskan seberkas sinar monokromatik jatuh pada selaput tipis setebal d , pada lapisan atas selaput cahaya dipantulkan (menempuh lintasan AD) dan sebagian dibiaskan yang kemudian dipantulkan lagi oleh lapisan bawah menempuh lintasan ABC. Antara sinar yang menempuh lintasan AD dan ABC akan saling berinterferensi di titik P tergantung pada selisih jarak lintasan optik. Di titik P akan terjadi interferensi maksimum atau garis terang apabila:

$$2nd \cos r = (m - \frac{1}{2})\lambda$$

dan terjadi garis gelap atau interferensi minimum jika:

$$2nd \cos r = m\lambda$$

dengan:

n = indeks bias lapisan tipis

d = tebal lapisan

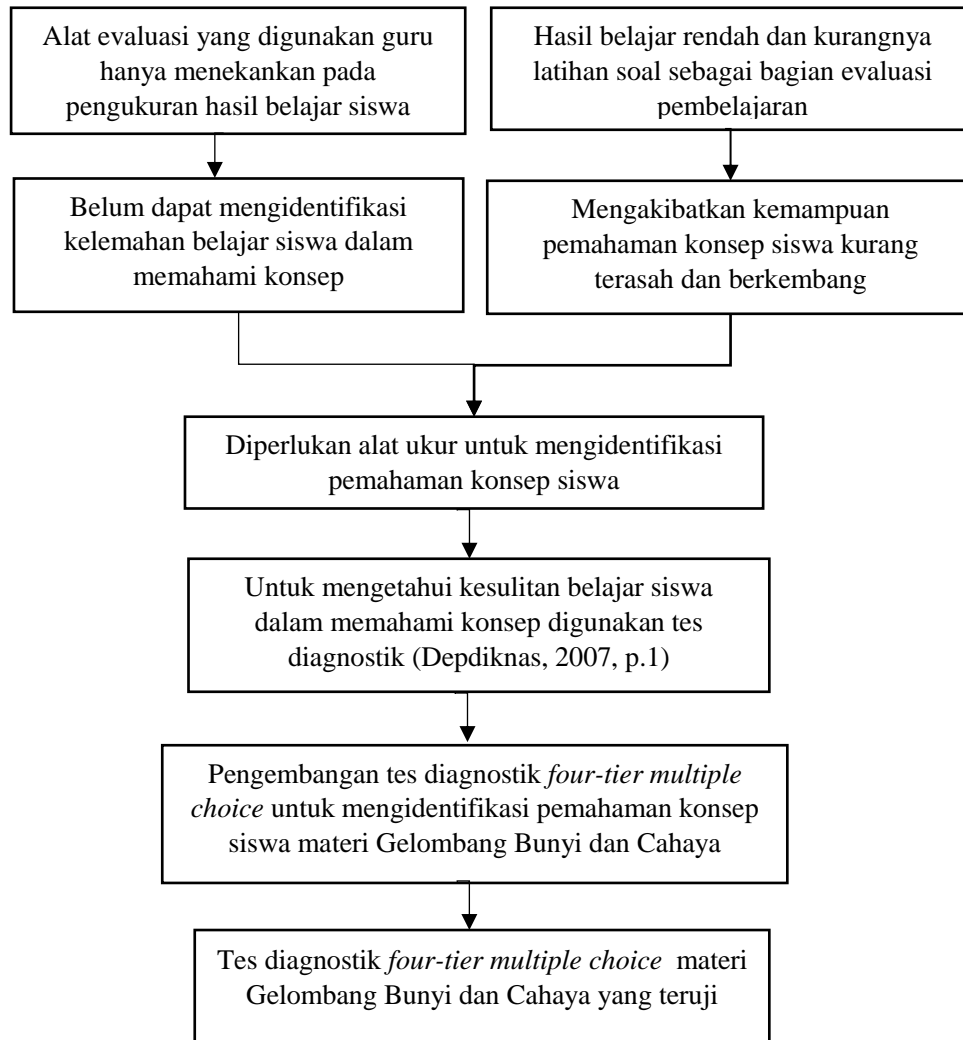
r = sudut bias sinar

λ = panjang gelombang sinar

m = orde interferensi

2.5 Kerangka Berpikir

Alur berpikir dari sebuah penelitian dapat digambarkan melalui kerangka berpikir. Kerangka berpikir memberikan informasi tentang latar belakang masalah diadakannya penelitian hingga solusi yang didapatkan untuk menyelesaikan masalah. Kerangka berpikir yang menggambarkan alur pikiran mulai dari latar belakang masalah hingga solusi yang diberikan untuk mengatasi masalah dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Kerangka berpikir pengembangan tes diagnostik *four-tier multiple choice*

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Tes diagnostik *four-tier multiple choice* yang dikembangkan telah melalui tiga tahapan yaitu uji validasi ahli, uji skala kecil dan uji skala besar. Uji validasi ahli digunakan untuk mengetahui tingkat kevalidan instrumen melalui angket validasi ahli. Uji skala kecil digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan instrumen dilihat dari reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya beda. Uji skala besar digunakan untuk mengidentifikasi pemahaman konsep siswa materi gelombang bunyi dan cahaya.
2. Tes diagnostik *four-tier multiple choice* yang dikembangkan telah dinyatakan valid berdasarkan validasi ahli dan reliabel dengan koefisien reliabilitas soal sebesar 0,831.
3. Profil pemahaman konsep diperoleh dari interpretasi kombinasi jawaban siswa yang menunjukkan 10,92% siswa paham konsep, 55,42% siswa tidak paham konsep dan 33,67% siswa mengalami miskonsepsi.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan berdasarkan penelitian ini adalah:

1. Sebaiknya kegiatan wawancara siswa dibutuhkan pemilihan subjek wawancara yang tepat agar tiap butir soal dapat mencakup semua semua kategori pemahaman konsep.
2. Sebaiknya melibatkan guru pada saat pengujian tes diagnostik sehingga siswa tidak mencontek dan dapat serius dalam menjawab soal.
3. Perlu dikembangkan tes diagnostik *four-tier multiple choice* pada materi lain sebagai alternatif teknik penilaian bagi guru untuk mengidentifikasi pemahaman konsep agar dapat mengetahui kesulitan belajar siswa sehingga guru dapat memperkuat konsep yang belum dikuasai siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A. P. M. & L. K. S. Widhiasih. (2016). Respon Siswa Terhadap Umpan Balik Guru Saat Pelajaran Bahasa Inggris di SD Saraswati 5 Denpasar. *Jurnal Bakti Saraswati*, 5(2), 88-92.
- Aminrullah, L. (2015). Analisis Kesulitan Penguasaan Konsep Mahasiswa pada Topik Rotasi Benda Tegar dan Momentum Sudut. *Jurnal Fisika Indonesia*. 19(55), 34-37.
- Anderson, L.W., & Krathwohl, D.R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assesing; A revision of Bloom's Taxonomy of Education Objektives*. New York: Addison Wesley Lonman Inc.
- Arifin, Z. (2012). *Penelitian Pendidikan: Metode dan Paradigma Baru*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Arikunto, S. (2013). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan (Edisi 2)*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Arslan, H. O., Cigdemoglu, C., & Moseley, C. (2012). A Three-Tier Diagnostic Test to Assess Pre-Service Teachers' Misconceptions about Global Warming, Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion, and Acid Rain. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1777-1686.
- Azimi., A. Rusilowati., & Sulhadi. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran IPA Berbasis Literasi Sains untuk Siswa Sekolah Dasar. *Pancasakti Science Education Journal*, 2(2), 145-157.
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2010). Do Students Know What They Know and What They Don't Know? Using a Four-Tier Diagnostic Test to Assess the Nature of Students' Alternative Conceptions. *Res Sci Educ*, 40(3), 313-337.
- Chandrasegaran, A.L., D.F. Treagust, & M. Mocerino. (2007). The Development of a Two-Tier Multiple Choice Diagnostic Instrument for Evaluating Secondary School Students' Ability to Describe and Explain Chemical Reaction Using Multiple Level of Representation. *Journal of Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293-307.
- Darmayanti, N.W.S., W. Sadia., & A.A.I.A.R. Sudiatmika. (2013). Pengaruh Model Collaborative Teamwork Learning terhadap Ketrampilan Proses Sains dan Pemahaman Konsep Ditinja dari Gaya Kognitif. *e-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha*, 3(1).
- Departemen Pendidikan Nasional. (2007). *Tes Diagnostik*. Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Fariyani, Q., A. Rusilowati., & Sugiarto. (2015). Pengembangan Four-tier Diagnostic Test untuk Mengungkap Miskonsepsi Fisika siswa SMA Kelas X. *Journal of Innovative Science Education*, 4(2), 41-49.

- Gurel, K. D., Eryilmaz, A., & Mcdermott, L. C. (2017). Development and Application of a Four-Tier Test to Assess Pre-Service Physics Teachers' Misconceptions about Geometrical Optics. *Research in Science & Technological Education*, 35(2), 238-260.
- Hasan, S., D. Bagayoko, D., & Kelley, E. L., (1999), Misconceptions and the Certainty of Response Index (CRI), *Phys. Educ.* 34(5), 294-299.
- Kanginan, Marthen. (2016). *Fisika untuk SMA kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Khanafiyah, S., & Ellinawati. (2013). *Fenomena Gelombang*. Semarang: H₂O Publishing.
- Law, J. F., & Treagust, D. F. (2010). *Diagnosis of Student Understanding of Content Specific Science Areas Using On-Line Two-Tier Diagnostic Tests*. Australia: Curtin University of Technology.
- Matondang, Z. (2009). Validitas dan Reliabilitas Suatu Instrumen Penelitian. *Jurnal Tabularasa PPs Unimed*, 6(1), 87-97.
- Mustika, A. A., Hala, Y., & Faridah, A. (2014). Identifikasi Miskonsepsi Mahasiswa Biologi Universitas Negeri Makasar pada Konsep Genetika dengan Metode CRI. *Jurnal SainsMat*, 3(2), 122-129.
- Rifa'i, Ahmad., & Anni, C. A. (2015). *Psikologi Pendidikan*. Semarang: Unnes Press.
- Rusilowati, Ani. (2017). *Pengembangan Instrumen Penilaian*. Semarang: Unnes Press.
- Samudra, G. B., Suastra, I. W., & Suma, K. (2014). Permasalahan-Permasalahan yang Dihadapi Siswa SMA di Kota Singaraja dalam Mempelajari Fisika. *e-Jurnal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Program Studi IPA*, 4(1).
- Sadhu, S., Tima, M. T., Cahyani, V. P., Laka, F. A., Annisa, D., & Fahriyah, A. R. (2017). Analysis of Acid-Base Misconceptions Using Modified Certainty of Response Index (CRI) and Diagnostic Interview for Different Student Level Cognitive. *International Journal of Science and Applied Science Conference Series*, 1(2), 91-100.
- Sheftyan, W. B., Prihandono, T., & Lesmono, A. D. (2018). Identifikasi Miskonsepsi Siswa Menggunakan Four-tier Multiple Choice Test pada Materi Optik Geometri. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2), 147-153.
- Sudijono, A. (2008). *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Suparno, P. (2005). *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep dalam Pendidikan Fisika*. Yogyakarta: Grasindo.

- Susanti, D. (2014). Penyusunan Instrumen Tes Diagnostik Miskonsepsi Fisika SMA Kelas XI pada Materi Usaha dan Energi. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 2(2), 16-19.
- Suwarto. (2013). *Pengembangan Tes Diagnostik dalam Pembelajaran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Syafiie, I. K. (2015). *Pengantar Ilmu Pemerintahan*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Thiagarajan, Semmel dan Semmel. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children A Source Book*. Indiana : ERIC.
- Wahyuningsih, T., T. Raharjo, & D.F. Masithoh. (2013). Pembuatan Instrumen Tes Diagnostik Fisika SMA Kelas XI. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(1), 111-117.
- Zhongbao, Z. (2013). "An Overview of Studies on Diagnostic Testing and its Implications for the Development of Diagnostic Speaking Test". *International Journal of English Linguistics*. 3(1), 41-45.
- Zidny, R., Sopandi, W., & Kusrijadi, A. (2013). Analisis pemahaman konsep siswa sma kelas x pada materi persamaan kimia dan stoikiometri melalui penggunaan diagram submikroskopik serta hubungannya dengan kemampuan pemecahan masalah. *Jurnal Riset Dan Praktik Pendidikan Kimia*, 1(1), 27-36.