

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Penelitian Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Resky Nurmalasari dengan judul Pengaruh Model *Learning Cycle* Tipe 7E Terhadap Pemahaman Konsep Fisika hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata pemahaman fisika siswa yang mengikuti model *learning cycle* tipe 7E dan *direct instruction* masing-masing sebesar 57,50 dan 49,08. Terdapat perbedaan pemahaman konsep fisika antara kelompok siswa yang mengikuti model pembelajaran *learning cycle* tipe 7E dengan kelompok siswa yang mengikuti model pembelajaran langsung.<sup>19</sup>

Penelitian yang dilakukan oleh Putri Sukaesih dengan judul Perbandingan Keterampilan Proses Sains Siswa pada Mata Pelajaran Fisika antara yang Menggunakan Model *Learning Cycle* 7E dan Model *Problem Based Learning* hasil penelitian menunjukkan bahwa model *learning cycle* 7E dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa lebih tinggi dibandingkan model *problem based learning*. Rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* keterampilan proses sains pada kelas eksperimen I berturut-turut yaitu 52,64 dan 68,65, sedangkan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* keterampilan

---

<sup>19</sup>Rezky Nurmalasari, *Pengaruh Model Learning Cycle Tipe 7E Terhadap Pemahaman Konsep Fisika*, Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako (JPFT), Vol. 01, No. 2, 2012, h. 22.

proses sains pada kelas eksperimen II berturut-turut yaitu 51,60 dan 62,03. Sehingga, model *learning cycle 7E* merupakan model yang lebih baik digunakan untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada mata pelajaran fisika di kelas dibanding model *problem based learning*.<sup>20</sup>

Penelitian yang dilakukan oleh Ni Putu Sri Ratna Dewi dengan judul Pengaruh Model Siklus Belajar 7E Terhadap Pemahaman Konsep dan Keterampilan Proses Sains Siswa hasil penelitian *Pertama*, ada perbedaan yang signifikan pemahaman konsep dan keterampilan proses antara siswa yang dibelajarkan dengan model siklus belajar 7E dengan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran langsung ( $F=2,99$ ;  $p<0,05$ ). *Kedua*, ada perbedaan yang signifikan pemahaman konsep antara siswa yang dibelajarkan dengan model siklus belajar 7E dengan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran langsung ( $F=132,516$ ;  $p<0,05$ ). *Ketiga*, ada perbedaan yang signifikan pemahaman konsep antara siswa yang dibelajarkan dengan model siklus belajar 7E dengan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran langsung ( $F=303,612$ ;  $p<0,05$ ). Berdasarkan hasil penelitian ini dapat direkomendasikan bahwa model siklus belajar 7E dapat digunakan sebagai alternatif model pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses siswa.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup>Putri Sukaesih, *Perbandingan Keterampilan Proses Sains Siswa pada Mata Pelajaran Fisika antara yang Menggunakan Model Learning Cycle 7E dan Model Problem Based Learning*, Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Jurnal) SNF, Vol. 04, Oktober 2015, h.6.

<sup>21</sup>Ni Putu Sri Ratna Dewi, *Pengaruh Model Siklus Belajar 7E Terhadap Pemahaman Konsep Dan Keterampilan Proses*, Artikel Tesis, Juli 2012, h. 2.

Perbedaan penelitian relevan dari penelitian yang sudah dilakukan oleh Rezky Nurmalasari dengan penelitian ini terletak pada variabel terikatnya, dimana Rezky Nurmalasari hanya mengukur pemahaman konsep fisika, sedangkan penelitian ini yaitu mengukur keterampilan proses sains dan hasil belajarnya. Kemudian, Rezky Nurmalasari meneliti di Sekolah Menengah Pertama (SMP), penelitian ini di Sekolah Menengah Pertama (SMA), selain itu perbedaannya juga terletak pada desain eksperimen, Rezky Nurmalasari menggunakan desain quasi eksperimen sedangkan penelitian ini menggunakan pre-ekperimen.

Perbedaan penelitian Putri Sukaesih dengan penelitian ini terletak pada judul penelitian, dimana Putri membandingkan antara dua model sedangkan penelitian ini hanya menerapkan satu model, kemudian Putri hanya mengukur keterampilan proses sains, sedangkan penelitian ini mengukur keterampilan proses sains dan hasil belajar. Putri menggunakan desain quasi eksperimen sedangkan penelitian ini menggunakan pre-ekperimen.

Perbedaan penelitian Ni Putu Sri Ratna Dewi dengan penelitian ini terletak pada variabel terikatnya, dimana Sri hanya mengukur pemahaman konsep sedangkan penelitian ini mengukur keterampilan proses sains dan hasil belajar. Sri menggunakan desain quasi eksperimen sedangkan penelitian ini menggunakan pre-ekperimen.

## **B. Deskripsi Teoritik**

### **1. Model Pembelajaran**

#### **a. Pengertian Model Pembelajaran**

Model pembelajaran dapat diartikan sebagai kerangka konseptual yang melukiskan prosedur yang sistematis dalam mengorganisasikan pengalaman belajar untuk mencapai tujuan belajar tertentu, dan berfungsi sebagai pedoman bagi para perancang pembelajaran dan para guru untuk merencanakan dan melaksanakan aktivitas pembelajaran.

Model pembelajaran juga dapat dimaknai sebagai seperangkat rencana atau pola yang dapat dipergunakan untuk merancang bahan-bahan pembelajaran serta membimbing aktivitas pembelajaran di kelas atau di tempat-tempat lain yang melaksanakan aktivitas-aktivitas pembelajaran. Brady mengemukakan bahwa model pembelajaran dapat diartikan sebagai *blueprint* yang dapat dipergunakan untuk membimbing guru didalam mempersiapkan dan melaksanakan pembelajaran.<sup>22</sup>

#### **b. Ciri-Ciri Model Pembelajaran**

Model pembelajaran mempunyai makna yang lebih luas dari pada strategis, metode atau prosedur. Model pengajaran mempunyai empat ciri khusus yang tidak dimiliki oleh strategis, metode atau prosedur. Ciri – ciri tersebut ialah :

- 1) Rasional teoritis logis yang disusun oleh para pencipta atau pengembangnya.

---

<sup>22</sup>Aunurrahman, *Belajar Dan Pembelajaran*, Bandung: Alfabeta, 2010, h.146.

- 2) Landasan pemikiran tentang apa dan bagaimana siswa belajar (tujuan pembelajaran yang akan dicapai).
- 3) Tingkah laku mengajar yang diperlukan agar model tersebut dapat dilaksanakan dengan berhasil.
- 4) Lingkungan belajar yang diperlukan agar tujuan pembelajaran itu dapat tercapai.<sup>23</sup>

## 2. Model Siklus Belajar (*Learning Cycle*)

### a. Pengertian Model Pembelajaran *Learning Cycle*

Karplus & Thier mendefinisikan *learning cycle* adalah suatu model pembelajaran yang berpusat pada peserta belajar. *Learning cycle* merupakan rangkaian tahap-tahap kegiatan yang diorganisir sedemikian rupa sehingga peserta belajar dapat menguasai sejumlah kompetensi yang harus dicapai dalam pembelajaran melalui peran aktivitas siswa. *Learning cycle* pada mulanya terdiri atas fase-fase eksplorasi, pengenalan konsep dan aplikasi konsep. Dari pendapat yang dikemukakan oleh Karplus ini dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *learning cycle* berpusat pada siswa sehingga siswa secara aktif menemukan konsep sendiri. Untuk mewujudkan hal tersebut, *learning cycle* terdiri atas tahapan-tahapan yang terorganisir sehingga pemahaman siswa dapat terkonstruksi dengan baik.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup>Trianto, *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*, Jakarta: Kencana, 2010, h. 23.

<sup>24</sup>Ngalimun, *Strategi dan Model Pembelajaran*, Yogyakarta: Aswaja Pressindo, 2012, h. 145

### b. Perkembangan Model Pembelajaran *Learning Cycle*

Model pembelajaran *learning cycle* pertama kali berkembang pada akhir 1950an dan awal 1960an pada zaman reformasi kurikulum oleh Atkin dan Karplus. Kemudian pada tahun 1967 Karplus dan Thier mengemukakan bahwa tiga fase dari model pembelajaran *learning cycle* terdiri atas *preliminary exploration*, *invention*, dan *discovery*. Pada awalnya model *learning cycle* ini baru digunakan diprogram sains sekolah dasar yaitu *Science Curriculum Improvement Study (SCIS)*.<sup>25</sup>

**Tabel 2.1**  
**Model Pembelajaran *Learning Cycle***

Fase	Kegiatan Pembelajaran
<i>Eksploration</i>	Siswa memiliki pengetahuan awal dengan fenomena yang ada.
<i>Invention</i>	Siswa dikenalkan dengan istilah baru yang berkaitan dengan konsep yang dipelajari.
<i>Discovery</i>	Siswa menerapkan konsep dan menggunakannya pada situasi baru

Model pembelajaran *learning cycle* tidak berhenti dengan hanya tiga siklus. Pada pertengahan 1980an *Biological Science Curriculum Study (BSCS)* mengembangkan model *learning cycle* menjadi lima fase yaitu terdiri dari fase *engage*, *explore*, *explain*, *elaborate* dan *evaluate*. Perkembangan ini dilakukan dengan menambahkan fase *engage* di awal pembelajaran yang bertujuan untuk menggali pengetahuan awal siswa dan fase *evaluate* ditambahkan diakhir pembelajaran yang bertujuan untuk

---

<sup>25</sup>*Ibid.*,

menilai pemahaman siswa, sedangkan fase pemahaman konsep dan aplikasi konsep diganti dengan istilah baru yaitu *explain* dan *elaborate*.<sup>26</sup>

**Table 2.2**  
**Perbandingan SCIS dan BSCS pada *Learning Cycle***

SCIS	BSCS
	<i>Engagement</i> (fase baru)
<i>Exploration</i>	<i>Exploration</i> (diadaptasi dari SCIS)
<i>Invention (Term Introduction)</i>	<i>Explanation</i> (diadaptasi dari SCIS)
<i>Discovery (Concept Application)</i>	<i>Elaboration</i> (diadaptasi dari SCIS)
	<i>Evaluation</i> (fase baru)

Perkembangan model *learning cycle* yang paling baru sudah memiliki tujuh fase sehingga sekarang dikenal dengan model pembelajaran 7E. Perubahan yang terjadi pada tahapan 5E menjadi 7E terjadi pada fase *Engage* menjadi dua yaitu *Elicit* dan *Engage*, sedangkan pada fase *Elaborate* dan *Evaluate* menjadi tiga tahapan yaitu *Elaborate*, *Evaluate*, dan *Extend*.<sup>27</sup>

### 3. Model Pembelajaran *Learning Cycle* 7E

Eisenkraft menjelaskan kegiatan setiap tahapan *learning cycle* 7E sebagai *Elicit*, *Engage*, *Explore*, *Explain*, *Elaborate*, *Evaluate*, dan *Extend*.

---

<sup>26</sup>*Ibid.*,.....h 151.

<sup>27</sup>*Ibid.*,

a. *Elicit* (mendatangkan pengetahuan awal)

Pada fase ini, guru berusaha menimbulkan pemahaman awal siswa. Penelitian dibidang kognitif sains menunjukan bahwa pemahaman awal merupakan komponen yang penting dalam proses pembelajaran. Fase ini dapat dilakukan dengan cara guru memberi pertanyaan pada siswa mengenai suatu fenomena dalam kehidupan sehari-hari yang terkait dengan materi yang akan dipelajari. Namun pada fase ini, guru tidak memberitahukan jawaban yang benar dari pertanyaan yang telah diajukan. Pada fase ini guru hanya memancing rasa ingin tahu siswa sehingga siswa akan lebih termotivasi untuk belajar agar dapat mengetahui jawaban sebenarnya dari pertanyaan tersebut.<sup>28</sup>

b. *Engage* (melibatkan)

Fase ini digunakan untuk memusatkan perhatian siswa, merangsang kemampuan berfikir siswa serta membangkitkan minat dan motivasi siswa terhadap konsep yang akan diajarkan. Pada fase ini siswa dilibatkan dalam kegiatan demonstrasi, diskusi, eksperimen atau kegiatan lain. Pada fase ini siswa diajarkan untuk berhipotesis yaitu menyusun jawaban sementara dari masalah yang akan mereka diskusikan atau praktikan.<sup>29</sup>

c. *Eksplore* (menyelidiki)

Pada fase ini siswa memperoleh pengetahuan dengan pengalaman langsung yang berhubungan dengan konsep yang dipelajari. Siswa diberi

---

<sup>28</sup>Zulfani, *Penggunaan Model Pembelajaran Learning Cycle 7E untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMP pada Pokok Bahasan Usaha dan Energi*, 2013, h. 35.

<sup>29</sup>Made Wena, *Strategi pembelajaran Inovatif Kontemporer*, h.171



kesempatan untuk bekerja sama secara mandiri dalam kelompok-kelompok kecil. Pada fase ini siswa diberi kesempatan untuk mengamati data, merekam data, mengisolasi variabel, merancang dan merencanakan eksperimen, membuat grafik, menafsirkan hasil, mengembangkan hipotesis serta mengatur temuan mereka. Guru merangkai pertanyaan, memberi masukan, dan menilai pemahaman siswa.<sup>30</sup>

d. *Explain* (menjelaskan)

Pada fase ini siswa diperkenalkan pada konsep, hukum dan teori baru. Siswa menyimpulkan dan mengemukakan hasil dari temuannya pada fase *explore*. Guru mengenalkan siswa pada beberapa kosa kata ilmiah, dan memberikan pertanyaan untuk merangsang siswa agar menggunakan istilah ilmiah untuk menjelaskan hasil eksplorasi.<sup>31</sup>

e. *Elaborate* (menerapkan)

Pada fase ini siswa diberi kesempatan untuk menerapkan pengetahuannya pada situasi baru. Pada fase ini, guru memberikan permasalahan yang terkait dengan materi yang telah diajarkan untuk dipecahkan oleh siswa.<sup>32</sup>

f. *Evaluate* (menilai)

Fase evaluasi model *learning cycle 7E* terdiri dari evaluasi formatif dan evaluasi sumatif. Evaluasi formatif tidak boleh dibatasi pada siklus-siklus tertentu saja, sebaiknya guru selalu menilai semua kegiatan siswa apabila dalam pembelajaran dilakukan praktikum maka pengujian harus

---

<sup>30</sup>*Ibid.*,

<sup>31</sup>*Ibid.*, h. 172

<sup>32</sup>*Ibid.*,

termasuk pertanyaan yang berkaitan dengan kegiatan praktikum, selain itu guru juga mendapatkan umpan balik dari hasil siswa dan dapat memodifikasi strategi pengajaran mereka untuk kursus berikutnya.<sup>33</sup>

g. *Extend* (memperluas)

Pada fase *extend* guru membimbing siswa untuk menerapkan pengetahuan yang telah didapat pada konteks baru. Fase ini dapat dilakukan dengan cara mengaitkan materi yang telah dipelajari dengan materi selanjutnya.<sup>34</sup>

**Table 2.3**  
**Arah Pembelajaran *Learning Cycle 7E***

<b>Fase</b>	<b>Arah Pembelajaran</b>	<b>Kegiatan Guru</b>	<b>Kegiatan Siswa</b>
<i>Elicit</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menarik perhatian siswa sebelum pemberian pengetahuan</li> <li>2. Membantu dalam mentransfer pengetahuan</li> <li>3. Membangun pengetahuan baru di atas pengetahuan yang telah ada</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memfokuskan siswa terhadap materi yang akan dipelajari</li> <li>2. Mengajukan pertanyaan kepada siswa dengan pertanyaan seperti “Apa yang kamu pikirkan?” atau “Apa yang kamu ketahui?” yang sesuai dengan permasalahan</li> <li>3. Menampung semua jawaban siswa</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memfokuskan diri terhadap apa yang disampaikan oleh guru</li> <li>2. Mengingat kembali materi yang telah dipelajari</li> <li>3. Mengajukan pendapat jawaban berdasarkan pengetahuan sebelumnya atau pengalamannya dalam kehidupan sehari-hari</li> </ol>
<i>Engage</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memfokuskan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menyajikan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memperhatika</li> </ol>

<sup>33</sup>*Ibid.*,

<sup>34</sup>Zulfani, *Penggunaan Model Pembelajaran Learning Cycle 7E untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMP pada Pokok Bahasan Usaha dan Energi*,.....h. 37

Fase	Arah Pembelajaran	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa
	<p>pikiran dan perhatian siswa</p> <p>2. Bertukar informasi dan pengalaman dengan siswa</p>	<p>demonstrasi atau bercerita tentang fenomena alam yang sering terjadi dalam kehidupan sehari-hari</p> <p>2. Memberikan pertanyaan untuk merangsang motivasi dan keingintahuan siswa</p>	<p>n guru ketika sedang menjelaskan atau mendemonstrasikan sebuah fenomena</p> <p>2. Mencari dan berbagi informasi yang mendukung konsep yang akan dipelajari</p> <p>3. Memberikan pendapat jawaban</p>
<i>Explore</i>	<p>1. Melakukan eksperimen</p> <p>2. Mencatat data, membuat grafik, menginterpretasi hasil</p> <p>Diskusi</p> <p>3. Guru membimbing dan memeriksa pemahaman siswa</p>	<p>1. Menjelaskan maksud dari pembelajaran yaitu untuk melaksanakan eksperimen atau diskusi</p> <p>2. Memandu dan membimbing siswa dalam melakukan eksperimen</p> <p>3. Memberi waktu yang cukup kepada siswa untuk menyelesaikan eksperimen</p>	<p>1. Melakukan eksperimen untuk mendapatkan data</p> <p>2. Mencatat data, membuat grafik, dan menginterpretasikan hasil</p> <p>3. Diskusi dalam kelompok untuk menjawab permasalahan yang disajikan dalam LKS</p>
<i>Explain</i>	<p>1. Siswa Mengkomunikasikan apa yang telah dieksplorasi secara tertulis dan lisan</p> <p>2. Menyimpulkan hasil Eksplorasi</p>	<p>1. Membimbing siswa dalam Menyiapkan laporan (data dan kesimpulan) eksperimen</p> <p>2. Menganjurkan siswa untuk menjelaskan</p>	<p>1. Melakukan presentasi dengan cara menjelaskan data yang diperoleh dari hasil eksperimen</p> <p>2. Mendengarkan penjelasan</p>

Fase	Arah Pembelajaran	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa
	3. Pembenaran	laporan eksperimen dengan kata kata mereka sendiri 3. Memfasilitasi siswa untuk Melakukan presentasi laporan eksperimen 4. Mengarahkan siswa pada data dan petunjuk telah diperoleh dari pengalaman sebelumnya atau dari hasil eksperimen untuk mendapatkan kesimpulan	kelompok lain 3. Mengajukan pertanyaan terhadap penjelasan kelompok lain 4. Mendengarkan dan memahami penjelasan/klarifikasi yang disampaikan oleh guru (jika ada) 5. Menyimpulkan hasil eksperimen berdasarkan data yang telah didapat dan petunjuk (penjelasan) dari guru
<i>Elaborate</i>	1. Transfer pembelajaran 2. Aplikasi dari pengetahuan baru yang telah didapatkan	1. Mengajak siswa untuk menggunakan istilah umum 2. Memberikan soal atau permasalahan dan mengarahkan siswa untuk menyelesaikan 3. Menganjurkan siswa untuk menggunakan konsep yang telah mereka dapatkan	1. Menggunakan istilah umum dan pengetahuan yang baru 2. Menggunakan informasi sebelumnya yang didapat untuk bertanya, mengemukakan pendapat dan membuat keputusan 3. Menerapkan pengetahuan yang baru untuk menyelesaikan soal
<i>Evaluate</i>	1. Melakukan	1. Memberikan	1. Menjawab

Fase	Arah Pembelajaran	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa
	penilaian	penguatan terhadap konsep yang telah dipelajari 2. Melakukan penilaian kinerja melalui observasi selama proses 3. Memberikan kuis	pertanyaan yang diajukan oleh guru (baik berupa pendapat maupun fakta)
<i>Extend</i>	1. Menghubungkan satu konsep ke konsep lain 2. Menghubungkan subjek satu ke subjek lain	1. Memperlihatkan hubungan antara konsep yang dipelajari dengan konsep yang lain 2. Memberikan pertanyaan untuk membantu siswa melihat hubungan antara konsep yang dipelajari dengan konsep/topic yang lain 3. Mengajukan pertanyaan tambahan yang sesuai dan berhubungan dengan kehidupan sehari-hari sebagai aplikasi	1. Membuat hubungan antara konsep yang telah dipelajari dengan kehidupan sehari-hari sebagai gambaran aplikasi konsep yang nyata 2. Menggunakan pengetahuan dari hasil eksperimen untuk bertanya dan menjawab pertanyaan dari guru, terkait dengan konsep yang telah dipelajari 3. Berfikir, mencari, menemukan dan menjelaskan contoh penerapan konsep yang

Fase	Arah Pembelajaran	Kegiatan Guru	Kegiatan Siswa
		konsep dari materi yang dipelajari	telah dipelajari

### 1) Kelebihan dan kekurangan model pembelajaran *Learning Cycle*

#### 7E

Cohen dan Clough menyatakan bahwa *learning cycle* merupakan model pembelajaran sains di sekolah yang baik karena dapat dilakukan secara optimal dan memenuhi kebutuhan nyata guru dan siswa.<sup>35</sup> Dilihat dari dimensi guru penerapan model ini memperluas wawasan dan meningkatkan kreatifitas guru dalam merancang kegiatan pembelajaran. Sedangkan ditinjau dari dimensi pembelajar, penerapan model ini memberi keuntungan sebagai berikut:

#### a) Kelebihan Model *Learning Cycle*

- (1). Meningkatkan motivasi belajar karena siswa dilibatkan secara aktif dalam proses pembelajaran.
- (2). Membantu mengembangkan sikap ilmiah siswa.
- (3). Pembelajaran menjadi lebih bermakna

#### b) Kekurangan Model *Learning Cycle*

- (1). Efektifitas pembelajaran rendah jika guru kurang menguasai materi dan langkah-langkah pembelajaran.

---

<sup>35</sup>Ngalimun, *Strategi dan Model Pembelajaran*, Yogyakarta: Aswaja Pressindo, 2012, h.150

- (2) Menuntut kesungguhan dan kreativitas guru dalam merancang dan melaksanakan proses pembelajaran.
- (3) Memerlukan pengelolaan kelas yang lebih terencana dan terorganisasi.
- (4) Memerlukan waktu dan tenaga yang lebih banyak dalam menyusun rencana dan melaksanakan pembelajaran.<sup>36</sup>

#### **4. Keterampilan Proses Sains**

##### **a. Pengertian Keterampilan Proses**

Keterampilan proses merupakan keseluruhan keterampilan ilmiah yang terarah (baik kognitif maupun psikomotor) yang dapat digunakan untuk menemukan suatu konsep, untuk mengembangkan konsep yang telah ada sebelumnya.<sup>37</sup>

##### **b. Pentingnya Pendekatan Keterampilan**

Ada beberapa alasan yang melandasi perlunya diterapkan pendekatan keterampilan proses dalam kegiatan belajar mengajar sehari – hari, yaitu:

- 1) Alasan pertama yaitu perkembangan ilmu pengetahuan berlangsung semakin cepat sehingga tak mungkin lagi para guru mengajarkan semua fakta dan konsep kepada siswa. Jika guru masih bersikap “mau mengajarkan” semua fakta dan konsep dari berbagai cabang ilmu, maka sudah jelas target itu tidak akan tercapai.
- 2) Alasan kedua yaitu para ahli psikologi umumnya sependapat bahwa anak-anak mudah memahami konsep – konsep yang rumit dan abstrak

---

<sup>36</sup>*Ibid.*

<sup>37</sup>Trianto, *Model Pembelajaran Terpadu*, Jakarta: Bumi Aksara, 2010, h.144.

jika disertai dengan contoh – contoh konkret, contoh – contoh yang wajar sesuai dengan situasi dan kondisi yang dihadapi, dengan mempraktekan sendiri upaya penemuan konsep melalui perlakuan terhadap kenyataan fisik, melalui penanganan benda – benda yang benar – benar nyata.<sup>38</sup>

- 3) Alasan ketiga yaitu penemuan ilmu pengetahuan tidak bersifat mutlak benar seratus persen, penemuannya bersifat relatif. Suatu teori mungkin terbantah dan ditolak setelah orang mendapatkan data baru yang mampu membuktikan kekeliruan teori yang dianut. Semua konsep yang ditemukan melalui penyelidikan ilmiah masih tetap terbuka untuk dipertanyakan, dipersoalkan, dan diperbaiki. Jika kita hendak menanamkan sikap ilmiah yang demikian dalam diri anak, maka cara menuangkan informasi sebanyak-banyaknya ke dalam otak anak tidaklah sesuai dengan maksud pendidikan. Anak perlu dilatih untuk selalu bertanya, berpikir kritis dan mengusahakan kemungkinan-kemungkinan jawaban terhadap suatu masalah.
- 4) Alasan keempat yaitu dalam proses belajar-mengajar seyogyanya pengembangan konsep tidak dilepaskan dari pengembangan sikap dan nilai dalam diri anak didik. Pengembangan keterampilan memproseskan perolehan akan berperan sebagai wahana penyatu

---

<sup>38</sup>Conny Semiawan dkk, *Pendekatan Keterampilan Proses*, Jakarta:Grasindo, 1992, h.14



kaitan antara pengembangan konsep dan pengembangan sikap dan nilai.<sup>39</sup>

### c. Jenis-Jenis Keterampilan dalam Keterampilan Proses

Ada berbagai keterampilan dalam keterampilan proses, keterampilan-keterampilan tersebut terdiri dari keterampilan – keterampilan dasar (*basic skills*) dan keterampilan-keterampilan terintegrasi (*integrated skills*). Keterampilan-keterampilan dasar terdiri dari enam keterampilan, yakni: mengobservasi, mengklasifikasi, memprediksi, mengukur, menyimpulkan, mengkomunikasikan. Sedangkan keterampilan-keterampilan terintegrasi terdiri dari: mengidentifikasi variabel, membuat tabulasi data, menyajikan data dalam bentuk grafik, menggambarkan hubungan antar variabel, mengumpulkan dan mengolah data, menganalisa penelitian, menyusun hipotesis, mendefinisikan variabel secara operasional, merancang penelitian, dan melaksanakan eksperimen.<sup>40</sup>

### d. Keterampilan Proses Dasar

Keterampilan proses dasar merupakan bagian yang membentuk landasan metode-metode ilmiah. Ada enam keterampilan proses dasar, sebagai berikut:<sup>41</sup>

#### 1). Mengamati

Melalui kegiatan mengamati, manusia mengamati objek-objek dan fenomena alam dengan pancaindra: penglihatan, pendengaran,

---

<sup>39</sup>*Ibid.*, h.16.

<sup>40</sup>Dimiyati dan Mujiono, *Belajar Dan Pembelajaran*, Jakarta: Rineka Cipta, 2002, h.140.

<sup>41</sup>Uus Toharudin dkk, *Membangun Literasi SAINS*, Jakarta: Humaniora, 2011, h.36.

perabaan, penciuman, dan perasa/pencecap. Informasi yang diperoleh dapat menuntut keingintahuan, mempertanyakan, memikirkan, melakukan interpretasi tentang lingkungan dan meneliti lebih lanjut. Selain itu, kemampuan mengamati merupakan keterampilan paling dasar dalam proses dan memperoleh ilmu pengetahuan serta merupakan hal terpenting untuk mengembangkan keterampilan-keterampilan proses yang lain.<sup>42</sup>

### 2). Mengklasifikasikan

Mengklasifikasikan merupakan keterampilan proses untuk memilah berbagai objek peristiwa berdasarkan sifat-sifat khususnya, sehingga didapatkan golongan/kelompok sejenis dari objek peristiwa yang dimaksud.<sup>43</sup>

### 3). Mengkomunikasikan

Kemampuan berkomunikasi dengan orang lain merupakan dasar untuk segala yang dikerjakan. Grafik, bagan, peta, lambang-lambang, diagram, persamaan matematik, dan demonstrasi visual, sama baiknya dengan kata-kata yang ditulis atau dibicarakan, semuanya adalah cara-cara komunikasi yang seringkali digunakan dalam ilmu pengetahuan. Komunikasi efektif yang jelas, tepat, dan tidak samar-samar menggunakan keterampilan-keterampilan yang perlu dalam komunikasi, hendaknya dilatih dan dikembangkan pada diri siswa.<sup>44</sup>

---

<sup>42</sup>*Ibid.,...*

<sup>43</sup>*Ibid.,...*

<sup>44</sup>*Ibid.,h. 143*

#### 4). Mengukur

Mengukur dapat diartikan sebagai membandingkan yang diukur dengan satuan ukuran tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya.<sup>45</sup>

#### 5). Memprediksi

Suatu prediksi merupakan suatu ramalan dari apa yang kemudian hari mungkin dapat diamati. Memprediksi dapat diartikan sebagai mengantisipasi atau membuat ramalan tentang segala hal yang akan terjadi pada waktu mendatang berdasarkan perkiraan pada pola atau kecendrungan tertentu, atau hubungan antara fakta, konsep dan prinsip dalam ilmu pengetahuan.<sup>46</sup>

#### 6). Menyimpulkan

Menyimpulkan dapat diartikan sebagai suatu keterampilan untuk memutuskan keadaan suatu objek atau peristiwa berdasarkan fakta, konsep, dan prinsip yang diketahui.<sup>47</sup>

### e. Keterampilan Proses Terintegrasi

Keterampilan proses terintegrasi pada hakikatnya merupakan keterampilan-keterampilan yang diperlukan untuk melakukan penelitian. Sepuluh keterampilan terintegrasi akan diuraikan berikut.

#### 1). Mengenal Variabel

Sebelum melakukan penelitian (riset) perlu mengenal variabel terlebih dahulu. Ada dua macam variabel yang perlu dikenal, yakni variabel termanipulasi dan variabel terikat. Pengenalan terhadap

---

<sup>45</sup>*Ibid.*,

<sup>46</sup>*Ibid*

<sup>47</sup>*Ibid.*, h. 144

variabel berguna untuk merumuskan hipotesis penelitian. Kegiatan yang dapat dilaksanakan untuk mengembangkan keterampilan mengenali variabel diantaranya adalah menentukan variabel yang ada dalam suatu pernyataan, membedakan suatu pernyataan sebagai variabel bebas atau terikat dan memberikan contoh variabel.<sup>48</sup>

#### 2). Membuat Tabel Data

Keterampilan membuat tabel data perlu dibelajarkan kepada siswa karena fungsinya yang penting untuk menyajikan data yang diperlukan penelitian. Kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan untuk mengembangkan keterampilan membuat tabel data diantaranya adalah membuat tabel frekuensi, menyelidiki data, dan membuat tabel silang.<sup>49</sup>

#### 3). Membuat Grafik

Keterampilan membuat grafik adalah kemampuan mengolah data untuk disajikan dalam bentuk visualisasi garis atau bidang datar dengan variabel termanipulasi selalu pada sumbu datar dan variabel hasil selalu ditulis sepanjang sumbu vertikal.<sup>50</sup>

#### 4). Menggambarkan Hubungan Antar-Variabel

Keterampilan menggambarkan hubungan antar-variabel dapat diartikan kemampuan mendeskripsikan hubungan antara variabel

---

<sup>48</sup>Dimiyati dan Mujiono, *Belajar Dan Pembelajaran*, h.145

<sup>49</sup>*Ibid.*,

<sup>50</sup>*Ibid.*,

termanipulasi dengan variabel hasil atau hubungan antara variabel-variabel yang sama.<sup>51</sup>

#### 5). Mengumpulkan Data dan Mengolah Data

Keterampilan mengumpulkan data dan mengolah data adalah kemampuan memperoleh informasi atau data dari orang atau sumber informasi lain dengan cara lisan, tertulis, atau pengamatan dan mengkajinya lebih lanjut secara kuantitatif atau kualitatif sebagai dasar pengujian hipotesis atau penyimpulan.<sup>52</sup>

#### 6). Menganalisis Penelitian

Keterampilan menganalisis penelitian merupakan kemampuan menelaah laporan penelitian orang lain untuk meningkatkan pengenalan terhadap unsur-unsur penelitian.<sup>53</sup>

#### 7). Menyusun Hipotesis

Kemampuan menyusun hipotesis dapat diartikan sebagai kemampuan untuk menyatakan “dugaan yang dianggap benar” mengenai adanya suatu faktor yang terdapat dalam satu situasi, maka akan ada akibat tertentu yang dapat diduga akan timbul. Keterampilan menyusun hipotesis menghasilkan rumusan dalam bentuk kalimat pernyataan.<sup>54</sup>

---

<sup>51</sup> *Ibid.*,

<sup>52</sup> *Ibid.*,

<sup>53</sup> *Ibid.*,h. 148

<sup>54</sup> *Ibid.*,

#### 8). Mendefinisikan Variabel

Keterampilan mendefinisikan variabel secara operasional dapat diartikan sebagai kemampuan mendeskripsikan variabel beserta segala atribut sehingga tidak menimbulkan penafsiran ganda.<sup>55</sup>

#### 9). Merancang Penelitian

Merancang penelitian dapat diartikan sebagai suatu kegiatan untuk mendeskripsikan variabel-variabel yang dimanipulasi dan direspon dalam penelitian secara operasional, kemungkinan dikontrolnya variabel hipotesis yang diuji dan cara mengujinya, serta hasil yang diharapkan dari penelitian yang akan dilaksanakan.<sup>56</sup>

#### 10). Bereksperimen

Bereksperimen dapat diartikan sebagai keterampilan untuk mengadakan pengujian terhadap ide-ide yang bersumber dari fakta, konsep, dan prinsip ilmu pengetahuan sehingga dapat diperoleh informasi yang menerima atau menolak ide-ide itu.<sup>57</sup>

**Tabel 2.4**  
**Indikator Keterampilan Proses Sains**

Aspek Keterampilan Proses Sains	Indikator
Mengamati	Menggunakan sebanyak mungkin indera, mengumpulkan atau menggunakan fakta-fakta yang relevan
Memprediksi	Mencatat setiap pengamatan secara terpisah, mencari perbedaan, persamaan, mengontraskan ciri-ciri,

<sup>55</sup> *Ibid.*,

<sup>56</sup> *Ibid.*,

<sup>57</sup> *Ibid.*, h. 150

Aspek Keterampilan Proses Sains	Indikator
	membandingkan, mencari dasar pengelompokan atau penggolongan, dan menghubungkan hasil-hasil pengamatan.
Merencanakan/Melakukan Percobaan	Menentukan alat/bahan/sumber yang akan digunakan, menentukan variabel/faktor penentu, menentukan apa yang akan diukur, diamati, dicatat, menentukan apa yang akan dilaksanakan berupa langkah kerja.
Menginterpretasi	Menghubungkan hasil-hasil pengamatan, menemukan pola dalam satu seri pengamatan, menyimpulkan.
Berkomunikasi	Memeriksa/menggambarkan data empiris hasil percobaan atau pengamatan dengan grafik, tabel, atau diagram, menyusun dan menyampaikan laporan secara sistematis, menjelaskan hasil percobaan atau penelitian, membaca grafik atau tabel, dan mendiskusikan hasil kegiatan suatu masalah atau suatu peristiwa.
Menerapkan Konsep	Menggunakan konsep yang telah dipelajari dalam situasi baru, dan menggambarkan konsep pada pengalaman baru untuk menjelaskan apa yang sedang terjadi.

## 5. Hasil Belajar

Hasil belajar menurut Gagne dan Briggs adalah kemampuan-kemampuan yang dimiliki siswa sebagai akibat perbuatan belajar dan dapat diamati melalui penampilan siswa.

Sebagaimana diisyaratkan dalam Q. S Az Zalzalah 7-8 :

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ ۖ وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا  
يَرَهُ<sup>58</sup>

Artinya: 7. Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan seberat dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya

8. Dan barangsiapa yang mengerjakan kejahatan sebesar dzarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya pula

Ayat ini mengisyaratkan bahwa segala sesuatu yang kita lakukan termasuk diantaranya belajar maka akan menghasilkan sesuatu. Hasilnya adalah sesuai dengan apa yang kita usahakan.

Hasil belajar sangat erat kaitannya dengan belajar atau proses belajar. Hasil belajar pada dasarnya dikelompokkan dalam dua kelompok, yaitu pengetahuan dan keterampilan. Pengetahuan dibedakan menjadi empat macam, yaitu pengetahuan tentang fakta-fakta, pengetahuan tentang prosedur, pengetahuan konsep dan keterampilan untuk berinteraksi.<sup>59</sup>

Penampilan-penampilan yang dapat diamati sebagai hasil-hasil belajar disebut kemampuan. Ditinjau dari segi-segi yang diharapkan dari suatu pengajaran atau instruksi, kemampuan itu perlu dibedakan karena memungkinkan berbagai macam penampilan manusia dan juga karena kondisi-kondisi untuk memperoleh berbagai kemampuan itu berbeda.

Gagne membagi kemampuan menjadi lima, kemampuan pertama disebut keterampilan intelektual (*intellectual skill*) karena keterampilan itu merupakan penampilan yang ditunjukkan oleh siswa tentang operasi intelektual yang

<sup>58</sup>Aplikasi Al-Qur'an in word, Q.S Az Zalzalah ayat 7-8

<sup>59</sup>Jamil Suprihatiningrum, *Strategi Pembelajaran Teori dan Aplikasi*, Yogyakarta: Ar-Ruzz Media, 2014, h. 37-38



dapat dilakukannya. Kemampuan kedua meliputi penggunaan strategi kognitif (*cognitive strategi*) karena siswa perlu menunjukkan penampilan yang kompleks dalam situasi baru. Kemampuan ketiga berhubungan dengan sikap (*attitude*) atau mungkin sekumpulan sikap yang dapat ditunjukkan oleh perilaku yang mencerminkan pilihan tindakan terhadap kegiatan sains. Kemampuan keempat *verbal information*, dan yang kelima adalah keterampilan motorik(*motor skill*).<sup>60</sup>

Hasil belajar dibedakan dalam tiga aspek, yaitu hasil belajar kognitif, afektif dan psikomotorik.

a. Aspek Kognitif

Dimensi kognitif adalah kemampuan yang berhubungan dengan berpikir, mengetahui dan memecahkan masalah, seperti pengetahuan konpherensif, aplikatif, sintesis dan pengetahuan evaluatif. Kawasan kognitif adalah kawasan yang membahas tujuan pembelajaran berkenaan dengan proses mental yang berawal dari tingkat pengetahuan sampai ke tingkat yang lebih tinggi, yakni evaluasi.<sup>61</sup>

b. Aspek afektif

Dimensi afektif adalah kemampuan yang berhubungan dengan sikap, nilai dan apresiasi. Uno menyatakan bahwa ada lima tingkat afektif dari yang paling sederhana ke yang kompleks, yaitu kemauan menerima,

---

<sup>60</sup>Ratna Wilis Dahar, *Teori-teori Belajar dan Pembelajaran*, Jakarta : Erlangga, 2011, h. 118

<sup>61</sup>Jamil Suprihatiningrum, *Strategi pembelajaran Teori dan Aplikasi*....h.38

kemauan menanggapi, berkeyakinan, penerapan karya, serta ketekunan dan ketelitian.<sup>62</sup>

c. Aspek psikomotorik

Kawasan psikomotorik mencakup tujuan yang berkaitan dengan keterampilan (*skill*) yang bersifat manual atau motorik. Sebagaimana kedua domain yang lain, domain ini juga mempunyai berbagai tingkatan. Urutan dari yang paling sederhana ke yang paling kompleks, yaitu persepsi, kesiapan melakukan suatu kegiatan, mekanisme, respons terbimbing, kemahiran, adaptasi dan organisasi.<sup>63</sup>

## 6. Getaran Harmonis

Getaran adalah gerak bolak-balik suatu benda secara periodik melalui titik setimbangnya. Adapun ayat yang menjelaskan tentang getaran adalah Qur'an Surah Al Kahfi ayat 54 sebagai berikut.

وَلَقَدْ صَرَّفْنَا فِي هَذَا الْقُرْآنِ لِلنَّاسِ مِنْ كُلِّ مَثَلٍ وَكَانَ  
الْإِنْسَانُ أَكْثَرَ شَيْءٍ جَدَلًا ۝٤

54. "Dan sesungguhnya Kami telah mengulang-ulangi bagi manusia dalam Al Quran ini bermacam-macam perumpamaan. Dan manusia adalah makhluk yang paling banyak membantah".

Ayat diatas merupakan pernyataan Allah SWT tentang kandungan Al-Qur'an yang mengingatkan berbagai perumpamaan secara berulang-ulang. Apabila diperluas makna ayat diatas dengan peristiwa atau gejala fisis bahwa Allah menciptakan alam semesta dengan wujudnya atau

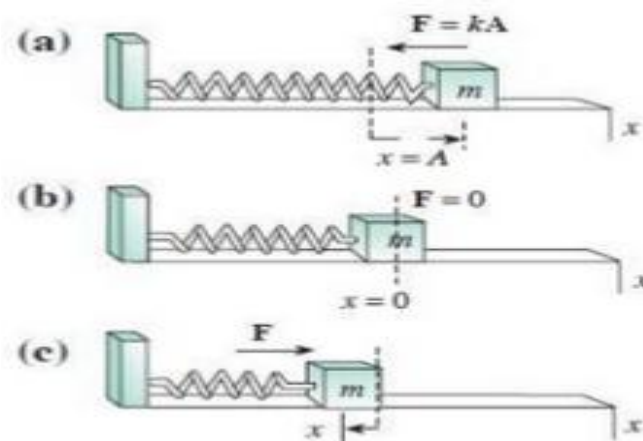
---

<sup>62</sup>*Ibid.*, h. 41

<sup>63</sup>*Ibid.*,h. 45

materinya selalu bergerak secara berulang-ulang. Gerak berulang dalam ruang berdimensi satu sering disebut sebagai getaran.

Gaya pegas yang berlawanan arah dengan simpangan memperlambat gerak benda hingga akhirnya berhenti sesaat dititik terjauh kiri dimana  $x = -A$  dan gaya pegas  $F = -kx = kA$  yang positif.



Gambar 2.1 Model untuk gerak periodik

Berikut beberapa istilah yang digunakan dalam membahas gerak periodik:

1. Amplitudo gerak, ditunjukkan oleh  $A$ , merupakan besar perpindahan maksimum dari titik kesetimbangan.
2. Periode ( $T$ ), merupakan waktu untuk satu siklus. Periode selalu positif.
3. Frekuensi ( $f$ ) adalah banyaknya siklus pada suatu satuan waktu. Frekuensi selalu positif.  $1 \text{ hertz} = 1 \text{ siklus/sekon} = 1 \text{ s}^{-1}$
4. Frekuensi sudut ( $\omega$ ) adalah  $2\pi$  dikalikan dengan frekuensi:

$$\omega = 2\pi f$$

Dari definisi periode dan frekuensi masing-masing merupakan kebalikan dari yang lainnya:

$$f = \frac{1}{T} \quad T = \frac{1}{f} \quad (2.1)$$

Juga dari definisi  $\omega$ ,

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (2.2)$$

## 1. Gerak Harmonik Sederhana

Getaran atau osilasi terulang sendiri ke depan dan belakang, pada lintasan yang sama, gerakan tersebut disebut periodik.<sup>64</sup> Jenis osilasi yang paling sederhana terjadi jika gaya pemulih  $F$  berbanding lurus dengan perpindahan dari posisi kesetimbangan  $x$ .

Konstanta perbandingan antara  $F$  dan  $x$  adalah konstanta gaya  $k$ . pada sisi manapun dari posisi kesetimbangan,  $F$  dan  $x$  selalu mempunyai tanda berlawanan. Gaya yang bekerja pada pegas ideal yang diregangkan sebagai  $F = kx$ . Komponen  $x$  dari gaya yang diberikan oleh pegas pada benda adalah negatifnya, sehingga komponen  $x$  dari gaya  $F$  pada benda adalah:

$$F = ma = -(m\omega^2)x^{65}$$

$$F = -kx \quad (2.3)$$

Untuk pegas konstanta pegasnya adalah:

$$K = m\omega^2^{66}$$

---

<sup>64</sup>Douglas C. Giancoli, *Fisika Edisi ke Lima Jilid I*, Jakarta: Erlangga, 2001, h. 365.

<sup>65</sup>David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, *Fisika Dasar Edisi ke Tujuh Jilid I*, Jakarta: Erlangga, 2010, h. 419.

<sup>66</sup>*Ibid.*,

Persamaan ini memberikan besar dan tanda dari gaya, entah  $x$  positif, negatif, ataupun nol. Konstanta gaya  $k$  selalu positif dan mempunyai satuan N/m (satuan alternatif yang juga digunakan  $\text{kg/s}^2$ ). Anggap bahwa tidak ada gesekan, sehingga persamaan (2.1) memberikan gaya total pada benda.

Ketika gaya pemulih berbanding lurus dengan perpindahan dari posisi kesetimbangan, sebagaimana diberikan oleh persamaan (2.1), osilasi yang terjadi disebut gerak harmonik sederhana. Percepatan  $\alpha = d^2x/dt^2 = F/m$  dari suatu benda dalam GHS diberikan oleh:

$$\alpha = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x \quad (2.4)$$

Tanda minus berarti percepatan dan perpindahan selalu memiliki tanda berlawanan. Suatu benda yang mengalami gerak harmonik sederhana disebut sebuah osilator harmonik.<sup>67</sup>

## 2. Persamaan-persamaan untuk gerak harmonik sederhana

Frekuensi sudut gerak harmonik sederhana:

$$\alpha = -\omega^2 x \quad (2.5)$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad \text{atau} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.6)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.7)$$

Menurut persamaan (2.1) dan (2.2) frekuensi dan periode adalah:

---

<sup>67</sup>Young & freedman, *Fisika universitas Edisi ke Sepuluh Jilid I*,.....h.,391.

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.8)$$

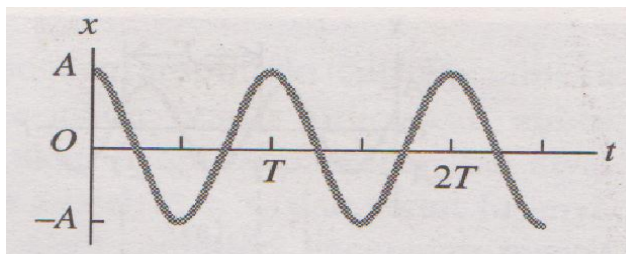
$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2.9)^{68}$$

### 3. Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan dalam Gerak Harmonik Sederhana

Perpindahan  $x$  sebagai suatu fungsi dari waktu untuk osilator harmonik.

$$x = A \cos(\omega t + \phi) \quad (2.10)$$

dimana  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$



Gambar 2.1. Grafik  $x$  terhadap  $t$  untuk gerak harmonik sederhana.

Kasus yang diperlihatkan memiliki  $\phi = 0$

Gambar (2.2) menunjukkan suatu grafik dari persamaan (3.1) untuk kasus tertentu  $\phi = 0$ . Perpindahan  $x$  adalah fungsi periodik dari waktu. Persamaan (2.10) dalam fungsi sinus alih-alih fungsi kosinus dengan menggunakan identitas  $\cos \alpha = \sin(\alpha + \pi/2)$ . Didalam gerak harmonik sederhana posisi adalah periodik, fungsi sinusoidal dari waktu. Nilai

---

<sup>68</sup> *Ibid.*,h. 393-394

fungsi kosinus selalu terletak antara -1 dan 1, sehingga pada persamaan (3.1),  $x$  selalu berada diantara  $-A$  dan  $A$ .  $A$  adalah amplitudo gerak.

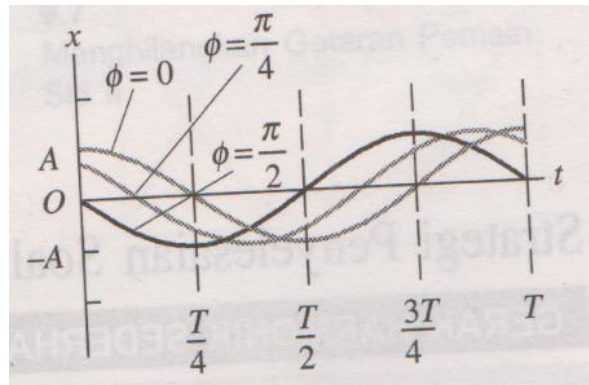
Periode adalah waktu untuk satu siklus osilasi sempurna. Fungsi kosinus berulang mana kala besaran di dalam tanda kurung pada persamaan (3.1) bertambah sebesar  $2\pi$  radian. Jika pada waktu  $t = 0$ , waktu  $T$  untuk menyelesaikan satu siklus diberikan oleh:

$$\omega T = \sqrt{\frac{k}{m}} T = 2\pi \text{ atau } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

yang tidak lain adalah persamaan (2.3). perubahan  $m$  atau  $k$  menyebabkan berubahnya periode osilasi. Dengan memasukkan  $t = 0$  dan  $x = x_0$  pada persamaan (3.1) maka diperoleh:

$$x_0 = A \cos \phi \tag{2.11}$$

Jika  $\phi = 0$ , maka  $x_0 = A \cos 0 = A$ , dan benda berawal pada perpindahan positif maksimumnya. Jika  $\phi = \pi$ , maka  $x_0 = A \cos \pi = -A$ , dan partikel berawal pada perpindahan negatif maksimumnya. Jika  $\phi = \pi/2$ , maka  $x_0 = A \cos (\pi/2) = 0$ , dan partikel pada awalnya benda pada titik pangkal.



Gambar 2.3. Posisi sebagai fungsi waktu untuk gerak harmonik sederhana dengan frekuensi dan amplitudo yang sama akan tetapi memiliki tiga sudut fase berbeda:

$$\phi = 0, \phi = \pi/4, \text{ dan } \phi = \pi/2.$$

Gambar (2.3) menunjukkan perpindahan  $x$  versus waktu untuk sudut-sudut fase yang berbeda. Didapatkan kecepatan  $v$  dan percepatan  $a$  sebagai fungsi waktu sebagai sebuah osilator harmonik dengan mengambil turunan dari persamaan (3.1) terhadap waktu:

$$v = \frac{dx}{dt} = -\omega A \sin(\omega t + \phi) \quad (2.12)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi) \quad (2.13)$$

kecepatan  $v$  berosilasi antara  $v_{maks} = +\omega A$  dan  $-v_{maks} = -\omega A$ , dan percepatan  $a$  berosilasi antara  $a_{maks} = +\omega^2 A$  dan  $-a_{maks} = -\omega^2 A$ . Dengan membandingkan persamaan (2.13) dengan persamaan (2.10) dan mengingat  $\omega^2 = k/m$  dari persamaan (2.6), terlihat bahwa:

$$a = -\omega^2 x = -\frac{k}{m} x$$



Kecepatan awal  $v_0$  adalah kecepatan pada waktu  $t = 0$ , dengan menetapkan bahwa  $v = v_0$  dan  $t = 0$  pada persamaan (2.12), diperoleh:

$$\frac{v_0}{x_0} = \frac{-\omega A \sin \phi}{A \cos \phi} = -\omega \tan \phi$$

$$\phi = \arctan\left(-\frac{v_0}{\omega x_0}\right) \quad (2.14)$$

$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}} \quad (2.15)^{69}$$

#### 4. Energi pada Gerak Harmonik Sederhana

Energi kinetik benda adalah  $K = 1/2mv^2$ , dan energi potensial pegas  $U = 1/2kx^2$ , dan energi mekanik total yaitu  $E = K + U$  adalah kekal:

$$E = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2 = \textit{konstanta} \quad (2.16)$$

Energi mekanik total juga berpasangan langsung dengan amplitude dari gerak. Jika benda mencapai titik  $x = A$ , yaitu perpindahan maksimumnya dari titik kesetimbangan, benda tersebut berhenti sesaat kemudian kembali menuju kesetimbangannya. Yaitu, ketika  $x = A$  (atau  $-A$ ),  $v = 0$ . Pada titik ini energi seluruhnya adalah energi potensial, dan  $E = 1/2kA^2$ . Karena  $E$  konstanta, besaran ini sama dengan  $E$  pada setiap titik yang lain. Dengan menggabungkan pernyataan ini dengan persamaan (2.16) diperoleh:

---

<sup>69</sup> *Ibid.*, h. 395-396.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \text{konstanta} \quad (2.17)$$

Menggunakan persamaan (2.17) untuk mendapatkan kecepatan pada perpindahan  $x$  yang diketahui:

$$v = \pm \sqrt{\frac{k}{m} \sqrt{A^2 - x^2}} \quad (2.18)$$

Tanda  $\pm$  berarti bahwa pada nilai  $x$  yang telah diketahui, benda dapat bergerak dalam kedua arah. Persamaan (4.3) menunjukkan bahwa kecepatan maksimum terjadi pada  $x = 0$ . Dengan menggunakan persamaan (2.3) kita dapatkan bahwa:

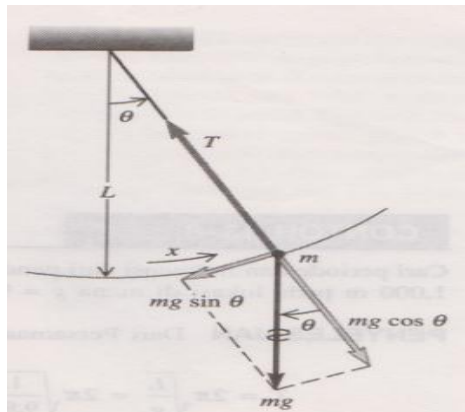
$$v_{maks} = \sqrt{\frac{k}{m}} A = \omega A \quad (2.19)^{70}$$

## 5. Pendulum Sederhana

Sebuah pendulum sederhana merupakan model yang disempurnakan yang terdiri dari sebuah massa titik yang ditahan oleh benang kaku tak bermassa. Jika massa titik ditarik ke salah satu sisi dari posisi kesetimbangan dan dilepaskan, massa tersebut akan berosilasi disekitar posisi kesetimbangannya. Lintasan dari massa titik tidak berupa garis lurus akan tetapi berupa busur dari suatu lingkaran dengan jari-jari  $L$  yang sama dengan panjangnya tali. Jarak  $x$  sebagai koordinat yang diukur sepanjang busur. Jika gerakannya merupakan gerak harmonik sederhana, gaya pemulihnya harus berbanding lurus dengan  $x$  atau (karena  $x = L\theta$ ) dengan  $\theta$ .

---

<sup>70</sup>*Ibid.*, h. 397-398.



Gambar 2.4. Gaya pada timah kecil pada sebuah pendulum sederhana.

Gambar (2.3) dinyatakan gaya-gaya pada massa dalam komponen tangensial dan radial. Gaya pemulih  $F$  adalah komponen tangensial dari gaya total:

$$F = -mg \sin \theta \quad (2.20)$$

Gaya pemulih diberikan oleh gravitasi, tegangan tali  $T$  hanya bekerja untuk membuat massa titik bergerak dalam busur. Gaya pemulih tidak sebanding dengan  $\theta$  akan tetapi sebanding dengan  $\sin \theta$ , sehingga geraknya bukan harmonik sederhana. Akan tetapi, jika sudut  $\theta$  kecil,  $\sin \theta$  sangat dekat dengan  $\theta$  dalam radian. Persamaan (5.1) menjadi:

$$F = -mg\theta = -mg \frac{x}{L}, \text{ atau}$$

$$F = -\frac{mg}{L} x \quad (2.21)$$

Maka gaya pemulih sebanding dengan koordinat untuk perpindahan yang kecil, dan konstanta gaya  $k = mg/L$ . dari persamaan (2.7) frekuensi sudut dari pendulum sederhana dengan amplitudo kecil adalah:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{mg/L}{m}} = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (2.23)$$

Hubungan frekuensi dan periodenya adalah:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (2.24)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2.25)$$

Pernyataan-pernyataan ini tidak melibatkan massa partikel. Ini karena gaya pemulih suatu komponen berat partikel, sebanding dengan  $m$ . maka massa muncul pada kedua sisi  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$  dan saling menghilangkan. Untuk osilasi kecil, periode suatu pendulum untuk nilai  $g$  tertentu ditentukan sepenuhnya oleh panjang tali.

Ketergantungan pada  $L$  dan  $g$  dalam persamaan (2.23) sampai (2.25) adalah hal yang sudah terduga. Pendulum yang panjang mempunyai periode yang lebih lama dibandingkan dengan pendulum yang lebih pendek. Peningkatan  $g$  akan meningkatkan gaya pemulih, menyebabkan frekuensi bertambah dan periode berkurang.<sup>71</sup>

---

<sup>71</sup>*Ibid.*, h. 404-405.