

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORITIK**

#### **2.1 Bahan Ajar**

Menurut Arsanti(2018), bahan ajar merupakan salah satu faktor penting dalam keefektifan sebuah pembelajaran terlebih di tingkat Perguruan Tinggi. Kurangnya bahan ajar tentunya dapat memengaruhi kualitas pembelajaran atau perkuliahan. Dalam buku Pedoman Penulisan Buku Pelajaran (Depdiknas 2005:3) disebutkan bahwa “yang termasuk isi pendidikan ialah segala sesuatu yang oleh pendidik langsung diberikan kepada peserta didik dan diharapkan untuk dikuasai peserta didik dalam rangka untuk mencapai suatu kompetensi tertentu dalam pendidikan.”

Dalam proses pembelajaran, bahan ajar memiliki peranan yang penting bagi dosen maupun mahasiswa. Dosen akan mengalami kesulitan meningkatkan prestasi belajar pada mahasiswanya tanpa bahan ajar yang lengkap. Sedangkan pada mahasiswa, mereka akan kesulitan dalam memahami materi jika bahan ajar yang digunakan tidak lengkap. Hal ini diperparah apabila dosen dalam menjelaskan materi cenderung cepat dan kurang jelas.

Bahan ajar yang diberikan dosen bertujuan untuk memberikan informasi kepada mahasiswa melalui proses perkuliahan. Diharapkan dengan adanya informasi tersebut, mahasiswa dapat mengembangkan secara mandiri di luar perkuliahan. Dalam memenuhi kebutuhan bahan ajar tersebut dosen harus menyediakan sendiri sesuai dengan karakteristik mahasiswa dan mata kuliah yang diampu.

Pemanfaatan bahan ajar dapat mengubah peranan seorang pengajar menjadi fasilitator. Sumber informasi yang diperoleh oleh mahasiswa tidak hanya terbatas pada dosen yang mengajar, dengan adanya bahan ajar cetak maka mahasiswa dapat memperoleh informasi secara mandiri. Hal ini penting, karna rasa keingintahu, penasaran dan rasa membutuhkan informasi pada mahasiswa dapat diperoleh dari bahan ajar yang digunakan.

Penggunaan bahan ajar cetak memiliki beberapa kelebihan diantaranya mahasiswa yang tinggal di daerah manapun dapat belajar secara mandiri dengan mudah karena bentuknya buku, kemudian mahasiswa dapat langsung mengerjakan soal pada lembar yang disediakan dan menulis catatan-catatan kecil pada halaman buku. Namun disamping itu, terdapat juga kekurangan pada bahan ajar cetak ini, diantaranya tidak dapat menampilkan animasi bergerak, video dan musik yang dapat membuat mahasiswa cepat merasa bosan, serta membutuhkan biaya yang besar apabila terdapat gambar.

Struktur bahan ajar merupakan hal terakhir yang perlu diperhatikan dalam pembuatan pengembangan bahan ajar. Dasar dari pembentukan bahan ajar yaitu susunan dari beberapa bagian yang kemudian dipadukan menjadi satu kesatuan yang utuh dan fungsional. Susunan inilah yang kemudian di sebut sebagai struktur bahan ajar. Struktur bahan ajar terdiri atas tujuh komponen, diantaranya: judul, petunjuk belajar, kompetensi dasar atau materi pokok, informasi pendukung, latihan; tugas atau langkah kerja dan terakhir adalah penilaian(Taufik, 2017). Agar bahan ajar lebih menarik maka diperlukan variasi dan dilengkapi dengan komponen-komponen tambahan sesuai dengan karakteristik masing-masing bahan ajar.

## 2.2 Buku Elektronik

Menurut Darlen, Sjarkawi & Lukman (2015), buku merupakan sumber ilmu pengetahuan yang tiada batas dan salah satu sumber belajar yang digunakan dalam pembelajaran. Seiring dengan perkembangan peralatan teknologi pada saat ini. Pengadaan buku sebagai sumber belajar tidak hanya sebatas buku yang berbentuk cetak tetapi juga sudah ada buku dalam bentuk digital yang sering dikenal sebagai buku elektronik (*e-book*). Salahh satu manfaat dari buku elektronik adalah tidak membutuhkan penggunaan kertas sehingga buku elektronik dianggap ramah lingkungan.

Buku elektronik merupakan buku cetak yang dikonversi ke dalam bentuk elektronik. Dimana ebook tersebut dapat dibaca menggunakan perangkat genggam dan komputer. Buku elektronik lebih mudah dibawa kemana-mana karena ukurannya yang dapat menyesuaikan dengan *handphone*, tablet, komputer dan lain sebagainya, dibandingkan dengan buku cetak yang pada umumnya dimiliki oleh mahasiswa maupun dosen (Octamela, Suweken Ardana, 2019:306). Terdapat berbagai macam buku elektronik yang dapat digunakan, diantaranya adalah teks polos, *pdf*, *doc.*, *lit* dan *html*. Seiring dengan perkembangan teknologi, buku elektronik sudah dapat disertai dengan musik, video, maupun animasi-animasi yang membuat tampilan dari buku elektronik lebih menarik.

Standar-standar penilaian yang umumnya dirumuskan dengan melihat tiga aspek utama, yaitu penyajian, kelayakan isi, dan kebahasaan berdasarkan kriteria-kriteria yang sebagian digunakan dari BSNP (2006) dan dipadukan dengan

kriteriakriteria membuat e-book interaktif yang baik/manfaat e-book dari Raharjo (2002), serta disesuaikan dengan media e-book yang telah dikembangkan. Pada format kelayakan media, terutama format penyajian media salah satu manfaat e-book kriterianya menurut Raharjo (2002) adalah e-book mudah diproses dengan mudah dan cepat.

Saat ini banyak sumber belajar yang berupa buku teks (*text book*) telah berkembang menjadi buku elektronik (*e-book*). Menurut Restiyowati dan Sanjaya (2012), penggunaan *e-book* dapat meningkatkan interaksi antara pendidik dan peserta didik dalam pembelajaran jarak jauh serta peserta didik dapat lebih tertarik dalam pembelajaran.

Menurut BP. Sitepu (2008) dalam Restiyowati dan Sanjaya (2012), sumber belajar yang baik harus berfungsi sebagai berikut:

- (1) Mempercepat laju belajar dan membantu pendidik menggunakan waktu dengan efisien sehingga dapat meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar;
- (2) Mengurangi beban pendidik dalam menyajikan informasi sehingga dapat lebih banyak membina dan mengembangkan gairah peserta didik;
- (3) Memberikan kemungkinan belajar bersifat lebih individual dengan jalan mengurangi kontrol pendidik yang kaku dan traidisional serta memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar sesuai dengan kemampuannya;
- (4) Memberikan dasar yang lebih ilmiah dengan jalan merencanakan program pembelajaran yang lebih sistematis;

- (5) Mengembangkan bahan pembelajaran yang dilandasi penelitian;
- (6) Lebih memantapkan pembelajaran dengan jalan meningkatkan kemampuan manusia dengan menggunakan berbagai media komunikasi penyajian data dan informasi secara lebih konkrit;
- (7) Memungkinkan belajar secara seketika, karena mengurangi jurang pemisah antara pelajaran yang bersifat verbal dan memberikan pengetahuan yang bersifat langsung, dan
- (8) Memungkinkan penyajian pendidikan yang lebih luas, terutama dengan adanya media massa, dengan jalan pemanfaatan secara bersama lebih luas tenaga atau kejadian yang langka, serta penyajian informasi yang mampu menembus geografis.

### **2.3 Pendekatan Saintifik**

Menurut (Bermawi & Fauziah, 2016), dalam pembelajaran terdapat istilah makna seperti pendekatan saintifik. Pendekatan saintifik merupakan pendekatan pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada setiap peserta didik untuk aktif secara luas mengembangkan eksplorasi dan elaborasi dari materi yang telah dipelajari, kemudian peserta didik diberi kesempatan untuk melakukan tahapan-tahapan dalam mengamati, merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menganalisis data, menarik kesimpulan dan kemudian mengkomunikasikannya. Peserta didik dapat menggali informasi dari mana saja dan kapan saja serta tidak hanya bergantung kepada pendidik. Dalam hal ini, diharapkan

mampu melatih peserta didik dalam mencari informasi melalui berbagai observasi bukan hanya diberi tahu oleh pendidik.

Tujuan pembelajaran dengan menggunakan metode pendekatan saintifik adalah untuk mengembangkan kemampuan peserta didik, selain itu juga untuk meningkatkan kemampuan berfikir peserta didik untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi serta memiliki hasil belajar yang tinggi. Menurut Hosnan (2014) dalam (Bermawi & Fauziah, 2016), tujuan dari pembelajaran menggunakan pendekatan saintifik adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan karakter siswa
2. Memperoleh hasil belajar yang tinggi
3. Meningkatkan kemampuan intelektual, dalam hal ini kemampuan berfikir tingkat tinggi pada peserta didik
4. Membentuk kemampuan peserta didik untuk menyelesaikan masalah dengan sistematis
5. Terciptanya kondisi dimana peserta didik merasa bahwa belajar merupakan suatu kebutuhan.

Pendekatan saintifik memiliki beberapa langkah-langkah yang meliputi kegiatan:

1. Mengamati (*Observing*)

Pada kegiatan ini peserta didik mengamati yang bermanfaat untuk memenuhi rasa ingin tahu terhadap suatu hal, sehingga proses pembelajaran akan lebih bermakna. Dengan adanya kegiatan mengamati maka peserta didik menemukan

fakta dan hubungannya antara objek yang dianalisis dengan materi yang diberikan oleh pendidik dalam hal ini dosenj.

2. Menanya (*Questioning*)

Menanya merupakan kegiatan yang diharapkan muncul dan dimiliki oleh peserta didik. Kegiatan menanya dilakukan dengan cara pendidik mengajukan pertanyaan kepada peserta didik mengenai informasi yang tidak dipahami dalam kegiatan yang diamati atau pertanyaan tambahan mengenai informasi yang diamati.

3. Mengumpulkan data (*Experimenting*)

Kegiatan mengumpulkan informasi merupakan kegiatan lanjutan dari kegiatan menanya. Kegiatan ini dilakukan dengan mengumpulkan dan menggali informasi dari berbagai sumber dengan berbagai cara. Peserta didik dapat membaca dari berbagai sumber, memperhatikan objek ataupun fenomena yang diteliti, atau bahkan kegiatan lebih lanjut seperti melakukan eksperimen.

4. Mengasosiasi (*Associating*)

Kegiatan mengasosiasi atau kegiatan mengolah informasi yang telah didapat dari kegiatan mengumpulkan data adalah kegiatan menalar dalam kerangka proses pembelajaran untuk menggambarkan bahwa pendidik dan peserta didik merupakan pelaku aktif dalam kegiatan. Penalaran merupakan proses berfikir yang sistematis dan logis atas fakta-fakta yang sedang diobservasi untuk memperoleh simpulan berupa pengetahuan.

5. Mengkomunikasikan

Pada kegiatan mengkomunikasikan, pendidik memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengkomunikasikan apa yang telah mereka pelajari. Kegiatan ini dapat dilakukan dengan menceritakan atau menuliskan apa yang mereka temukan selama kegiatan mencari informasi, mengasosiasikan dan menemukan pola.

**Tabel2.1 Kegiatan Pembelajaran Saintifik**

No.	Kegiatan	Aktivitas Belajar
1.	Mengamati ( <i>Observing</i> )	Melihat, mengamati, membaca, mendengar, menyimak (tanda dan dengan alat).
2.	Menanya ( <i>Questioning</i> )	Mengajukan pertanyaan dari yang faktual hipotesis diawali dengan bimbingan guru sampai dengan mandiri (menjadi suatu kebiasaan).
3.	Pengumpulan data ( <i>Experimenting</i> )	Mengumpulkan data yang diperlukan dari pertanyaan yang diajukan menentukan sumber data (benda, buku, dokumen, dan eksperimen) serta mengumpulkan data.
4.	Mengasosiasi ( <i>Associating</i> )	Menganalisis data dalam bentuk membuat kategori, menentukan hubungan data/kategori menyimpulkan dari hasil analisis data
5.	Mengkomunikasikan	Menyampaikan hasil konseptualisasi dalam bentuk lisan, tulisan, diagram, bagan, gambar atau media lainnya.

(Sumber: Bernawi & Fauziah, 2006)



## **2.4 3D Pageflip Professional**

*3D Pageflip Professional* merupakan *software* yang digunakan untuk finalisasi buku elektronik yang memiliki berbagai kelebihan, diantaranya berupa tampilan yang sangat menarik, navigasi yang lengkap, efek membalik buku digital lebih nyata serta tampilan video yang lebih jelas (Ghaliyah, 2015). *Software* ini memiliki kemampuan untuk mengubah bahan ajar berbentuk power point menjadi buku elektronik *3d flash* yang menakjubkan dengan berbagai macam format seperti Zip, Exe, 3DP, Html, dan lain sebagainya. Dengan adanya bahan ajar berbentuk *3D Flash* ini diharapkan akan memberikan nuansa baru dalam proses pembelajaran karena baik peserta didik dapat membaca dengan berbagai sudut dengan efek 3D (Amalia, 2015).

Software 3D PageFlip menurut *3D PageFlip Professional* (2012) dalam Kurniawati (2016:98) adalah “*a software that convert your still PDF files into animated 3D page turning books which include a multimedia music and videos on pages, links, images, button, and animation to become a 3D FlipBook*”. Sebuah perangkat lunak yang mengubah file PDF Anda yang masih ada menjadi halaman 3D animasi yang mengubah buku yang mencakup musik dan video multimedia di halaman, tautan, gambar, tombol, dan animasi menjadi *FlipBook 3D*.

## **2.5 Vektor**

Fenomena fisika suatu sistem fisis (sistem dengan obyek fisis) dapat dinyatakan dengan menampilkan dalam suatu besaran-besaran fisis (beserta satuan yang mengikutinya). Besaran-besaran dapat diklasifikasikan ke dalam besaran skalar dan

besaran vektor. Sebuah besaran fisis disebut skalar bila cukup dicirikan hanya dengan sebuah angka atau nilai. Sebagai contoh dari besaran skalar adalah massa, temperatur, muatan listrik, rapat massa, energi dan tekanan dan masih banyak yang lainnya. Jadi apabila kita dapat menyatakan bahwa massa sebuah benda adalah 10kg, angka 10 merupakan nilai besaran massa sedangkan satuan kg adalah satuannya. Satuan penting digunakan setiap kali menyatakan sebuah besaran.

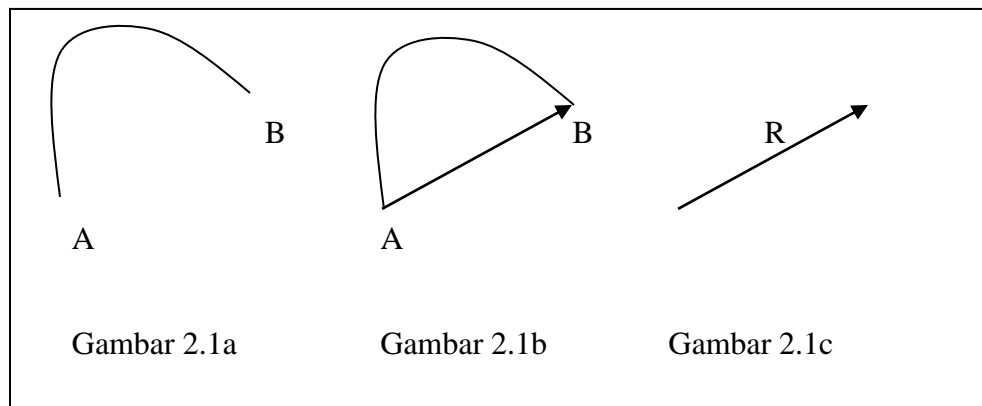
Sebaliknya, sebuah vektor tidak cukup jika hanya dicirikan oleh nilainya saja tetapi juga harus diberikan arah ke mana besaran fisis tersebut menunjuk. Misalnya, benda bergerak dapat diberikan secara skalar atau vektor. Laju adalah besaran skalar, misalnya sebuah mobil bergerak dengan laju 80 km/jam, hal ini menyatakan bahwa untuk satu jam perjalanan mobil tersebut dapat menempuh jarak 80 km. Sebaliknya kecepatan adalah sebuah vektor, misalnya dapat dinyatakan dalam sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 80 km/jam ke arah barat, yang berarti bahwa sebuah mobil bergerak dengan kecepatan 80 km dengan waktu tempuh 1 jam namun arahnya ditentukan ke barat. Karena memang sebenarnya gerak benda arahnya dapat berbeda-beda. Contoh lain dari besaran vektor adalah gaya, pergeseran, kecepatan, percepatan, momentum. Oleh karena sebuah vektor harus dicirikan oleh besar dan arahnya, maka operasi matematika yang melibatkan vektor-vektor tentu saja lebih rumit dibandingkan dengan operasi matematika pada skalar.

Menurut Anugraha (2018), dalam fisika konsep tentang vektor memainkan peranan yang sangat penting. Ada beberapa besaran yang merupakan besaran vektor selain dari skalar, tensor dan sebagainya. Salah satu ilmu fisika dalam dunia

mekanika adalah gaya yang merupakan contoh dari besaran vektor. Adapula contoh lain seperti kecepatan, percepatan, momentum, impuls, medan listrik, medan magnet, tekanan dan perpindahan.  $\vec{r}$ ,  $\vec{v}$ ,  $\vec{a}$ ,  $\vec{F}$  dan sebagainya, merupakan lambang dari besaran vektor yang diberi tanda huruf tebal tegak dan terdapat tanda panah.

### 2.5.1 Notasi Vektor

Perpindahan merupakan besaran vektor yang paling sederhana. Perpindahan didefinisikan sebagai perubahan posisi dari suatu titik. Contohnya, sebuah benda bergerak dari titik A ke titik B melewati sebuah lintasan lengkung (gambar 2.1a). Vektor perpindahan gerak tersebut ditunjukkan oleh garis terpendek (lurus) dari A ke B (gambar 2.1b) yang kemudian diberi nama vektor perpindahan **R** (gambar 2.1c).



#### 1. Notasi Geometris

Pada notasi geometris metode yang digunakan untuk menganalisis vektor dapat dilakukan dengan cara menampilkannya dalam bentuk gambar.

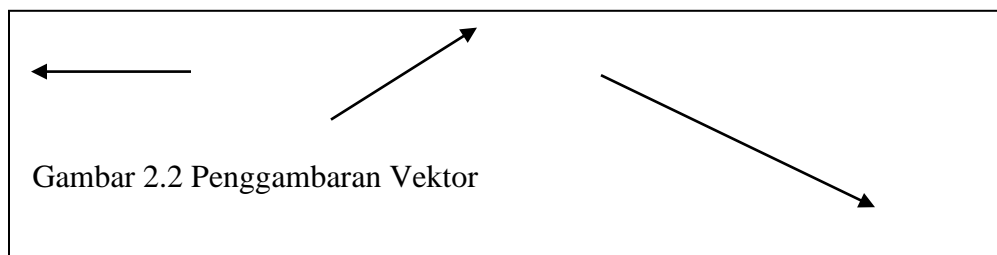
##### a. Penamaan sebuah vektor

Cara penulisan sebuah vektor dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut:

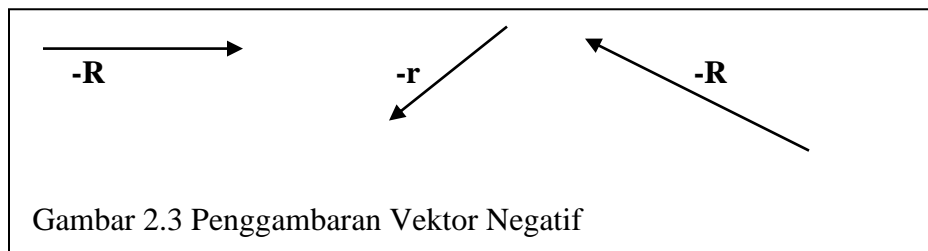
- Dengan huruf ditebalkan (bold) : **R** atau **r**
- Dengan tanda :  $\vec{R}$  atau  $\vec{r}$

#### b. Penggambaran vektor

Vektor dapat digambarkan dengan menggunakan suatu anak panah (gambar 2.2).



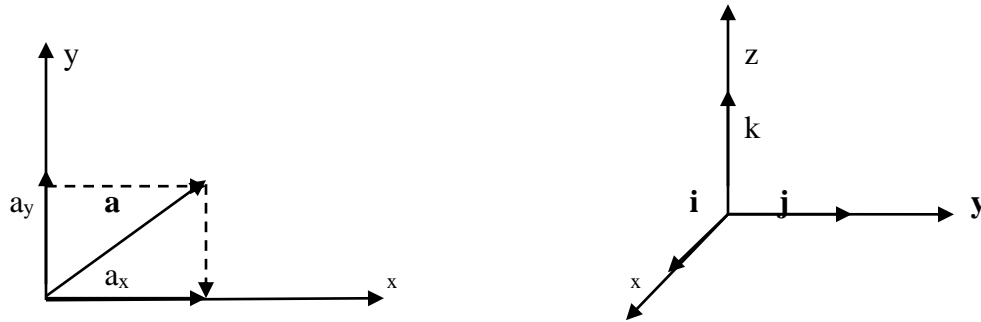
Panjang anak panah menunjukkan besar vektor, sedangkan arah anak panah menunjukkan arah vektor. Vektor yang bernilai negatif dapat digambarkan seperti berikut (gambar 2.3) :



## 2. Notasi Analitis

Menguraikan vektor dengan komponen-komponen penyusunnya merupakan kegunaan dari notasi analitis. Sebuah vektor **a** dalam koordinat kartesian (dua sumbu : x dan y) dapat dinyatakan dalam komponen-komponennya, yaitu komponen pada

arah sumbu x dan komponen pada arah sumbu y. Secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.4a besar komponen sumbu x      Gambar 2.4b besar komponen sumbu y

$a_y$  : besar komponen vektor a dalam arah sumbu y

$a_x$ : besar komponen vektor a dalam arah sumbu x

Vektor arah (vektor satuan) merupakan vektor yang besar nilainya adalah 1 dan arahnya sesuai dengan yang didefinisikan. Misalnya dalam koordinat kartesian: i, j, k yang masing-masing menyatakan vektor dengan arah sejajar sumbu x, sumbu y dan sumbu z (gambar 2.4 b). Sehingga secara analitik vektor a dapat ditulis:

$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} \quad (2.1)$$

Dan besar vektor a adalah:

$$|a| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad (2.2)$$

### 2.5.2 Operasi Vektor

Sama seperti pada besaran skalar, besaran vektor juga dapat dioperasikan secara sistematis. Berbeda dengan operasi skalar yang hanya memperhitungkan besarnya pada operasi vektor memperhatikan juga arah dari operasi vektor tersebut.

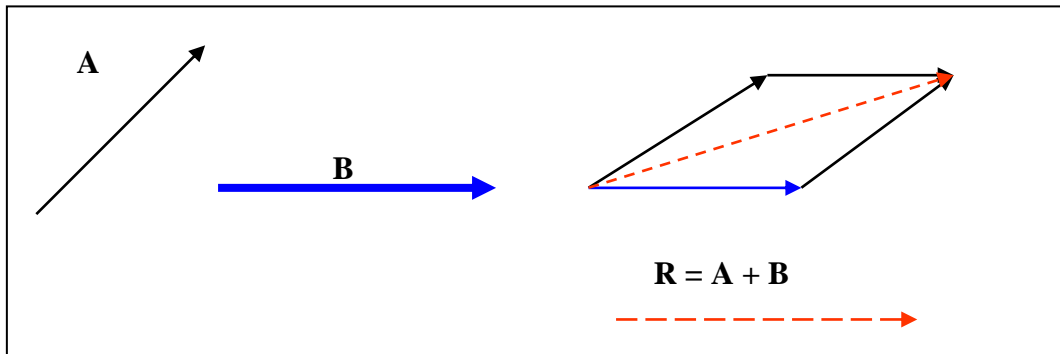
## Penjumlahan dan Pengurangan Vektor

Mencari nilai resultan dari beberapa vektor, berarti mencari nilai sebuah vektor baru yang dapat digunakan untuk mengganti vektor-vektor yang dijumlahkan atau dikurangkan. Dalam notasi penjumlahan dan pengurangan vektor dapat menggunakan beberapa metode, yaitu:

### *Metode Jajar Genjang*

Vektor resultan dengan menggunakan metode jajar genjang dapat digambar dengan cara:

Gambar 2.5 resultan vektor  $A+B$  dengan metode jajar genjang



Langkah-langkah dalam menggambarkan vektor dengan menggunakan metode jajar genjang adalah sebagai berikut:

1. Lukislah vektor pertama dan vektor kedua titik pangkal berhimpit.
2. Lukislah sebuah jajaran genjang dengan kedua vektor yang sudah di buat sebagai sisi-sisinya.
3. Diagonal dari jajaran genjang tersebut merupakan resultan sebuah vektor dengan titik pangkal sama dengan titik pangkal kedua vektor tersebut.

Besarnya vektor:

$$R = R = |R| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta} \quad (2.3) \quad \theta =$$

sudut yang dibentuk vektor A dan B

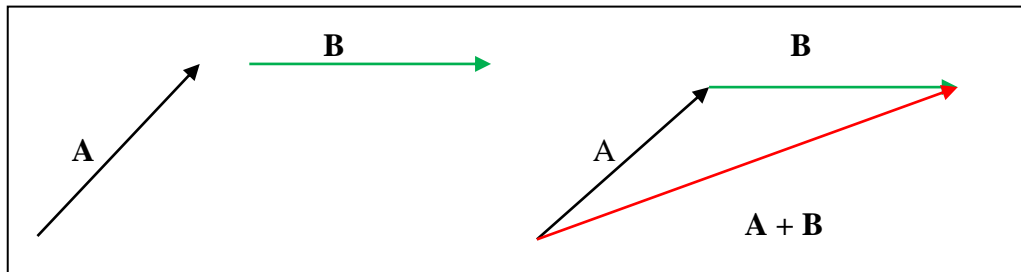
Catatan:

1. Apabila vektor A dan B searah, maka nilai  $\theta = 0^0$ ,  $R = A + B$
2. Apabila vektor A dan B berlawanan arah, maka nilai  $\theta = 180^0$ ,  $R = A - B$
3. Apabila vektor A dan B tegak lurus, maka nilai  $\theta = 90^0$ ,  $R = 0$

Berdasarkan uraian diatas pada pengurangan (selisih) vektor  $R = A + B$ , maka caranya akan sama hanya vektor B digambarkan berlawanan arah dengan yang diketahui.

### *Metode Segitiga*

Jika dua buah vektor A dan B dijumlahkan dengan menggunakan metode segitiga maka tahap-tahap yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 6 resultan vektor A + B, dengan menggunakan metode segitiga

Langkah-langkah dalam menggunakan metode segitiga:

1. Pertama, gambarlah vektor A
2. Kedua, gambarlah vektor B dengan cara meletakkan pangkal vektor B pada ujung vektor A.

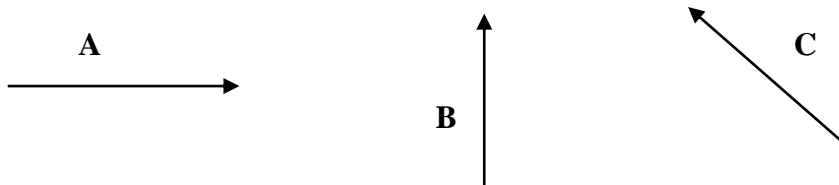
3. Ketiga, tariklah garis dari pangkal vektor **A** dan ujung vektor **B**.
4. Vektor yang mempunyai pangkal vektor **A** dan memiliki ujung pada vektor **B** merupakan vektor resultan. Maka bila dinyatakan  $\mathbf{R} = \mathbf{A} - \mathbf{B}$ , caranya akan sama saja, perbedaannya hanya terletak pada vektor **B** digambarkan berlawanan dengan yang diketahui.

### ***Metode Poligon***

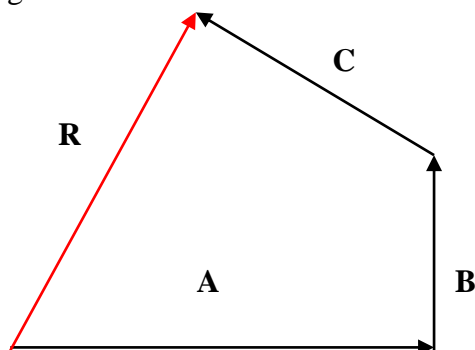
Metode poligon merupakan metode yang digunakan untuk menjumlahkan lebih dari dua vektor, dan tahapan dalam menggunakan metode ini sama dengan metode segitiga.

Contoh:

Terdapat tiga buah vektor **A**, **B**, dan **C** yang dijumlahkan menggunakan metode poligon.



Resultan ketiga vektor **R** adalah  $\mathbf{R} = \mathbf{A} + \mathbf{B} + \mathbf{C}$

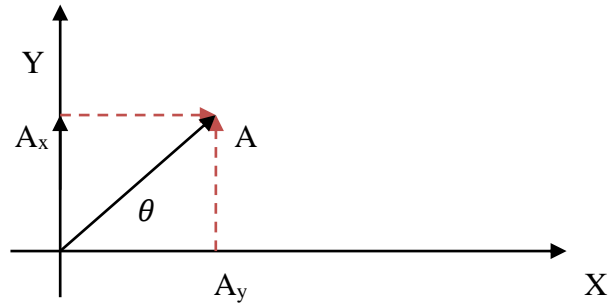


Gambar 2.7 penjumlahan vektor dengan menggunakan metode poligon



### *Metode Uraian*

Setiap vektor yang akan dijumlahkan (dikurangkan diuraikan terhadap komponen-komponennya yaitu sumbu x dan sumbu y)



Gambar 2.8 Komponen-Komponen Sebuah Vektor

Komponen vektor A terhadap sumbu X :  $A_x = A \cos \theta$

Komponen vektor A terhadap sumbu Y :  $A_y = A \sin \theta$

Vektor	Komponen X	Komponen Y
<b>A</b>	$A_x$	$A_y$
<b>B</b>	$A_x$	$B_y$
<b>C</b>	$C_x$	$C_y$
<b><math>R = A + B + C</math></b>	$R_x = A_x + B_x + C_x$	$R_y = A_y + B_y + C_y$

Besar vektor R:

$$|R| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (2.4)$$

Arah vektor R terhadap sumbu x positif:

**Catatan:**

Jika vektor **A** dinyatakan dengan vektor-vektor satuan **i** dan **j** maka secara matematis vektor **A** dapat ditulis dengan

$$\mathbf{A} = \mathbf{i} A_x + \mathbf{j} A_y$$

Yang merupakan penjumlahan kedua komponen-komponennya

$$\text{Atau } \mathbf{A} = \mathbf{A}_x + \mathbf{A}_y$$

Nilai vektor **A**:

$$|A| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} \quad (2.5)$$

**Perkalian Vektor**

Pada operasi perkalian dua buah vektor terdapat dua macam operasi yaitu:

## 1. Perkalian skalar dengan vektor

Sebuah besaran skalar dengan nilai sebesar  $n$  dapat dikalikan dengan sebuah vektor **A** yang pada akhirnya akan menghasilkan sebuah vektor baru **C** yang nilainya akan sama dengan  $n$  dikalikan dengan nilai  $A$ . Apabila nilai  $n$  positif maka arah **C** akan searah dengan **A** dan apabila  $n$  bernilai negatif maka arah **C** berlawanan dengan arah **A**. Secara matematis dapat dituliskan dengan:

$$\mathbf{C} = n \mathbf{A} \quad (2.6)$$

## 2. Perkalian vektor dengan vektor

Terdapat dua jenis perkalian antara vektor dengan vektor. Yang pertama disebut dengan perkalian *dot product* (perkalian titik) yang menghasilkan besaran skalar dan yang kedua disebut perkalian *cross product* (perkalian silang) yang akan menghasilkan besaran vektor.

**Dot product (Perkalian titik)**

*Dot product* (perkalian titik) antara dua buah vektor **A** dan vektor **B** akan menghasilkan **C** dan dapat didefinisikan secara matematis sebagai berikut:

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = C \quad (2.7)$$

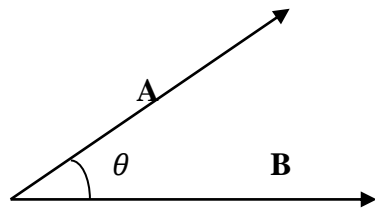
**A** dan **B** merupakan vektor, **C** merupakan besaran skalar dan nilai **C** didefinisikan:

$$C = A \cdot B \cos \theta \quad (2.8)$$

$A = |\mathbf{A}| =$  besar vektor **A**

$B = |\mathbf{B}| =$  besar vektor **B**

$\theta =$  sudut antara vektor **A** dan **B**



Gambar 2.9 Besar Vektor

Jika dioperasikan perkalian tersebut ke dalam notasi vektor maka dapat didefinisikan kedalam beberapa keadaan sebagai berikut:

$$\hat{i} \cdot \hat{i} = \hat{j} \cdot \hat{j} = \hat{k} \cdot \hat{k} = (1)(1) \cos 0 = 1 \quad (2.9)$$

$$\hat{i} \cdot \hat{j} = \hat{i} \cdot \hat{k} = \hat{j} \cdot \hat{k} = (1)(1) \cos 90^\circ = 0 \quad (2.10)$$

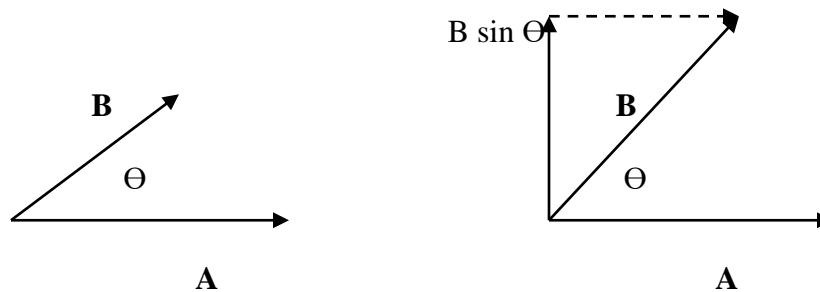
Sehinggajikavektor **A** dan vektor **B**dinyatakan dalam komponen-komponennya, maka akan terdefiniskan keadaan sebagai berikut:

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z \quad (2.11)$$

Penerapan operasi perkalian titik dalam fisika misalnya adalah  $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s}$  dan  $\phi = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A}$ . Hasil dari perkalian ini baik  $W$  maupun  $\phi$  berupa skalar.

### ***Cross product (Perkalian silang)***

*Cross product* (Perkalian silang) dapat juga disebut sebagai perkalian vektor, hal ini disebabkan karena perkalian ini akan menghasilkan vektor lain. Perkalian antara vektor  $\mathbf{A}$  dengan vektor  $\mathbf{B}$  dapat dinyatakan dengan  $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ . Kita akan mendefinisikan  $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$  dengan cara menggambarkan kedua vektor dengan ekornya terletak pada titik yang sama. Setelah itu kita dapat mencari komponen vektor yang tegak lurus di antara keduanya.  $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$  didefinisikan sebagai besar vektor  $\mathbf{A}$  yang dikalikan dengan komponen vektor  $\mathbf{B}$  yang tegak lurus dengan  $\mathbf{A}$ .



Gambar 2.10 Perkalian Silang

Besarnya vektor baru  $\mathbf{C}$  sebagai hasil perkalian silang antara  $\mathbf{A}$  dan  $\mathbf{B}$  adalah:

$$C = A \times B = AB \sin \Theta \quad (2.12)$$

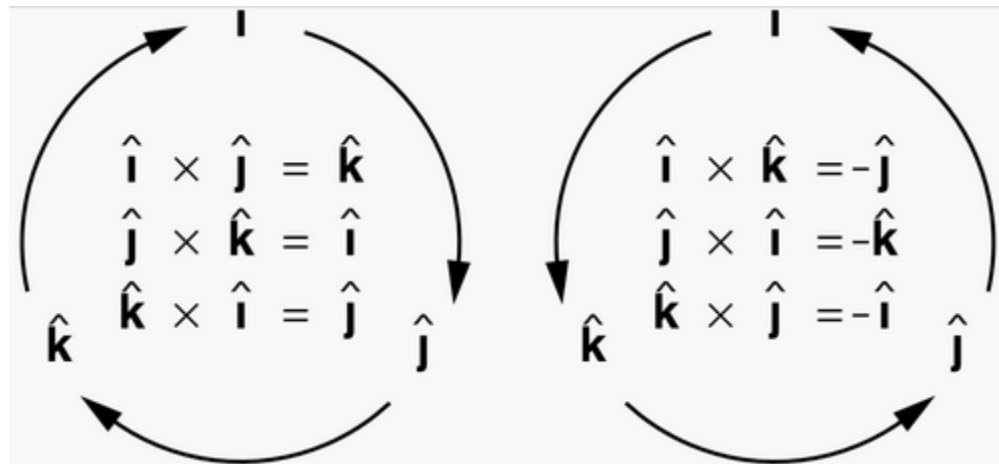
Jika kita mengoperasikan perkalian tersebut dalam notasi vektor, maka dengan menggunakan aturan tangan kanan (kaidah tangan kanan) kita dapat mendefinisikan beberapa keadaan seperti berikut:

$$\hat{i} \times \hat{i} = \hat{j} \times \hat{j} = \hat{k} \times \hat{k} = (1)(1) \sin 0 = 0 \quad (2.13)$$

$$\hat{i} \times \hat{j} = \hat{k} \quad (2.14)$$

$$\hat{j} \times \hat{k} = \hat{i} \quad (2.15)$$

$$\hat{k} \times \hat{i} = \hat{j} \quad (2.16)$$



Sehingga jika vektor **A** dan **B** dinyatakan dalam komponen-komponennya, maka perkalian vektor antara keduanya dapat dinyatakan dalam bentuk determinan sebagai berikut:

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} \quad (2.17)$$

Adapun hasil dari operasi tersebut adalah:

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (A_y B_z \hat{i} + A_z B_x \hat{j} + A_x B_y \hat{k}) - (A_y B_x \hat{k} + A_z B_y \hat{i} + A_x B_z \hat{j}) \quad (2.18)$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \hat{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \hat{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \hat{k} \quad (2.19)$$

Penerapan operasi perkalian silang dalam Fisika misalnya adalah  $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ , dan  $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$

Dari hasil perkalian ini baik  $\boldsymbol{\tau}$  maupun  $\mathbf{F}$  merupakan besaran vektor. Karena hasil yang diperoleh berupa vektor maka arah dari vektor tersebut dapat dicari dengan aturan tangan kanan (kaidah tangan kanan), yaitu dengan cara memutar vektor pertama ke vektor kedua. Sebagai contoh: jika percepatan partikel ( $\mathbf{v}$ ) bergerak pada arah sumbu  $x$  (+) dan medan magnet ( $\mathbf{B}$ ) memiliki arah ke sumbu  $y$  (+), maka gaya ( $\mathbf{F}$ ) akan bergerak ke arah sumbu  $z$  (+). Selengkapnya dituliskan sebagai berikut:

$$\mathbf{F} \hat{k} = q v \hat{i} \times B \hat{j} ; \text{ hal ini dikarenakan bahwa } \hat{i} \times \hat{j} = \hat{k}$$

## 2.6 Kinematika

Kendaraan seperti mobil dan bus bergerak pada lintasan yang lurus. Untuk mendahului sebuah bus maka mobil harus menambah kecepatannya. Penambahan kecepatan pada mobil disebabkan karena mobil tersebut mengalami percepatan. Mobil tersebut disebut melakukan gerak lurus dengan percepatan konstan apabila kecepatannya bertambah secara teratur (konstan). Bus tidak mengalami percepatan jika bergerak dengan kecepatan konstan, maka bus melakukan gerak lurus dengan kecepatan konstan. Percepatan dan kecepatan merupakan istilah yang tidak asing di telinga. Mobil melakukan gerak apabila memiliki kecepatan dan atau mengalami percepatan, gerak didefinisikan sebagai perubahan posisi.

Faktanya semua benda yang ada di bumi selalu berada pada keadaan bergerak. Bahkan benda-benda yang terlihat oleh mata tidak bergerak (diam) pada hakikatnya

bergerak berdasarkan acuan lainnya. Seperti contohnya gunung marapi, meskipun gunung tersebut berada pada keadaan diam menurut pengelihatannya kita di bumi, namun apabila kita melihat dari bulan maka gunung tersebut bergerak mengikuti gerak rotasi bumi.

Besaran fisika yang dipelajari dalam kinematika adalah perpindahan, kelajuan, gerak, percepatan dan kecepatan. Perpindahan, percepatan dan kecepatan merupakan besaran vektor dan disimbolkan dengan  $(\vec{s}, \vec{a}, \vec{v})$ , sedangkan kelajuan dan jarak merupakan besaran skalar ( $v, s$ ). Konsep mengenai kecepatan sesaat dan juga percepatan sesaat akan diperkenalkan dalam materi kinematika ini. Koordinat paling sederhana untuk menyatakan posisi suatu titik adalah koordinat kartesian, (Handika: 2020).

### 2.6.1 Kinematika Dalam Satu Dimensi

#### 1. Perpindahan dan Kecepatan

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menjumpai sebuah mobil yang bergerak pada lintasan lurus setelah melewati sebuah tanda. Jarak merupakan hal yang penting untuk menentukan posisi yang tepat setelah melewati tanda yang diberikan. Perpindahan didefinisikan sebagai perubahan posisi dari suatu objek, sebagai contoh mobil bergerak ke arah timur sejauh 10 km. Kecepatan merupakan sebuah pernyataan dari sebuah vektor dengan magnitudo yang sebanding dengan kelajuan yang ditempuh serta diiringi dengan arah geraknya (Lambaga: 2019). Pada gerak biasanya didefinisikan dengan jumlah garis sedangkan untuk arah dinyatakan dengan tanda positif atau negatif. Kelajuan rata-rata didefinisikan sebagai:

$$\text{kecepatan rata - rata} = \frac{\text{total perpindahan}}{\text{waktu}} \quad (2.20)$$

Sebagai catatan yang perlu diingat, bahwa perpindahan yang merupakan jarak dari titik awal posisi tidaklah sama dengan jarak yang ditempuh oleh sebuah objek. Sebagai contoh, jika sebuah bus bergerak 5 km ke arah utara kemudian bergerak kembali 5 km ke arah selatan pada posisi semula, maka total perpindahan bus tersebut adalah nol, sehingga dapat disimpulkan kecepatan rata-rata bus tersebut terhadap waktu adalah nol. Perpindahan dihitung dalam satuan panjang (meter, kilometer), sedangkan kecepatan dihitung dalam satuan panjang per waktu (m/s).

## 2. Kelajuan

Kelajuan merupakan bagian dari besaran skalar. Jika sebuah objek atau benda bergerak pada lintasan ( $l$ ) dengan interval waktu ( $t$ ), maka:

$$\text{kelajuan rata - rata} = \frac{\text{total jarak yang ditempuh}}{\text{interval waktu}} \quad (2.21)$$

Total jarak yang ditempuh oleh sebuah ojek merupakan kelajuan yang ditempuh, sebagai contoh sebuah bus yang melaju pada jalan raya, maka kelajuan bus tersebut dapat diketahui dengan melihat *speedometer*.

$$v_{\text{rerata}} = \frac{l}{t} \quad (2.22)$$

## 3. Kecepatan

Kecepatan merupakan bagian dari besaran vektor, jika sebuah bus bergerak dengan perpindahan  $\vec{s}$  dengan interval  $t$ , maka;

$$\text{kecepatan}_{\text{rerata}} = \frac{\text{vektor perpindahan}}{\text{waktu yang dipakai}} \quad (2.23)$$

$$v_{\text{rerata}} = \frac{\vec{s}}{t} \quad (2.24)$$



Arah vektor kecepatan sama dengan vektor perpindahan. Satuan kecepatan dan kelajuan adalah sama yaitu meter/detik (m/s) atau kilometer/jam (km/jam).

#### 4. Percepatan

Percepatan atau akselerasi atau dapat disebut sebagai gerak dipercepat merupakan besaran (kuantitas) vektor, percepatan merupakan turunan pertama (diferensial) dari kecepatan terhadap waktu. Percepatan mengukur waktu rata-rata dari perubahan kecepatan.

$$\text{percepatan}_{\text{rerata}} = \frac{\text{perubahan vektor kecepatan}}{\text{waktu yang dipakai}} \quad (2.25)$$

$$\vec{a}_{\text{rerata}} = \frac{\vec{v}_{\text{akhir}} - \vec{v}_{\text{awal}}}{t} \quad (2.26)$$

Satuan dari percepatan dinyatakan dengan jarak dibagi waktu di bagi waktu, yakni meter/detik/detik ( $\text{m/s}^2$ ).

#### 5. Percepatan Konstan

Ketika sebuah objek atau benda bergerak dengan percepatan konstan, maka kcepatan menjadi bertambah atau berkurang rata-rata pada seluruh geraknya. Percepatan sesaat sebanding dengan percepatan rata-rata jika percepatan tersebut konstan. Percepatan bernilai negatif dapat disimpulkan menjadi dua kemungkinan.

**Kemungkinan pertama** : Pada arah positif, kecepatan berkurang.

**Kemungkinan kedua** : Pada arah negatif, kecepatan bertambah.

Misalnya sebuah bola yang dilemparkan akan dipengaruhi percepatan yang bernilai negatif karena arahnya kebawah (percepatan gravitasi). Percepatan akan berkurang selama bola bergerak ke arah atas (arah positif; kasus pertama). Setelah

mencapai titik tertinggi kemudian kecepatan akan bertambah ketika kembali menuju bumi (arah negatif; kasus kedua).

Dengan menggunakan kecepatan awal ( $v_0$ ), kecepatan akhir ( $v_f$ ), dan  $t$  untuk waktu, percepatan konstan yaitu:

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{v_f - v_0}{t} \\ v_f &= v_0 + at \end{aligned} \right\} \quad (2.27)$$

Substitusi dengan kecepatan rerata  $v_{rerata} = \frac{v_0 + v_f}{2}$  ke dalam hubungan jarak dan kecepatan rerata  $d = (v_{rerata})(t)$ .

$$d = \frac{1}{2}(v_0 + v_f)t \quad (2.28)$$

Substitusi  $v_f$  dari persamaan 1 ke persamaan 2, sehingga diperoleh,

$$d = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (2.29)$$

Substitusi kembali nilai  $t$  dari persamaan 1 ke dalam persamaan 2, sehingga diperoleh

$$v_f^2 = v_0^2 + 2ad \quad (2.30)$$

Dari empat persamaan diperoleh lima kuantitas yang berbeda antara  $v_0, v_f, t, a$  dan  $d$ . Ingatlah bahwa masing-masing persamaan memiliki seperangkat berbeda untuk setiap kuantitasnya.

## 6. Gerak Lurus Beraturan

Gerak Lurus Beraturan (GLB) merupakan gerak dengan kecepatan konstan. Apabila kecepatannya konstan maka kelajuannya pun konstan dan mengakibatkan gerakanya tidak berubah (lintasannya berupa garis lurus). Besaran jarak dan

perpindahan tidak dapat dibedakan sehingga jarak dan perpindahan yang dimiliki akan sama besar. Dengan kecepatan yang konstan maka jarak atau perpindahan yang ditempuh akan konstan setiap detiknya. Sebagai contoh sebuah bus bergerak dengan kecepatan konstan yaitu 50 km/jam yang artinya bus bergerak dengan kecepatan konstan 50 kilometer. Hubungan antara posisi dengan kecepatan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (2.31)$$

Karena  $v$  bernilai konstan, maka dengan menggunakan metode integral dari persamaan diatas dapat diperoleh:

$$s = vt + s_0 \quad (2.32)$$

Dalam kinematika GLB merupakan gerak dengan kecepatan yang konstan, sehingga dapat dikatakan percepatannya nol. Hal ini diperoleh dari hubungan percepatan sebagai turunan pertama dari fungsi kecepatan. Karena nilai  $v$  adalah konstan maka  $a = 0$

$$a = \frac{dv}{dt} = 0 \quad (2.33)$$

## 7. Gerak Lurus Berubah Beraturan

Pada dasarnya GLBB merupakan gerak dengan percepatan yang tetap. Percepatan yang tetap berarti kecepatannya berubah secara teratur dan pada lintasannya lurus. Percepatan merupakan perubahan kecepatan setiap satuan waktu. Sebagai contoh apabila sebuah batu dipercepat oleh kecepatan gravitasi sebesar 9,8 m/s maka kecepatan batu tersebut bertambah 10 m/s setiap detik. Dengan bentuk

lebih umum apabila benda bergerak dengan kecepatan awal  $v_0$  kemudian dipercepat dengan kecepatan sebesar  $a$  selama  $t$  maka kecepatan akan menjadi:

$$v_t = v_0 + at \quad (2.34)$$

Percepatan pada GLBB merupakan konstan yang tidak berubah terhadap waktu. Percepatan yang merupakan turunan pertama dari fungsi kecepatan terhadap waktu maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$dv = a dt \quad (2.35)$$

$$v_t = \int_0^t a dt + v_0 \quad (2.36)$$

$$v_t = at + v_0 \quad (2.37)$$

Persamaan rumus di atas merupakan persamaan yang serupa. Kemudian dari persamaan tersebut dapat ditentukan posisi benda yang bergerak, karena kecepatan adalah turunan pertama dari fungsi posisi terhadap waktu maka dapat ditentukan dengan mengintegalkan fungsi kecepatan terhadap waktu.

$$dr = v dt \quad (2.38)$$

$$r_t = \int_0^t (at + v_0) dt + r_0 \quad (2.39)$$

$$r_t = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + r_0 \quad (2.40)$$

Keterangan:

$r_t$  = posisi akhir

$r_0$  = posisi awal

$$\text{Karena perpindahan } \Delta r = r_t - r_0, \text{ maka } \Delta r = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + r_0 \quad (2.41)$$

## 8. Gerak Vertikal

Gerak vertikal merupakan gerak yang arahnya merupakan vertikal dan merupakan GLBB dengan asumsi hambatan di udara diabaikan. Arah gerak memiliki dua arah yaitu gerak vertikal ke atas dan gerak vertikal ke bawah. Percepatan dan perlambatan pada gerak vertikal disebabkan karena adanya gaya gravitasi. Arah gaya gravitasi yang mengarah pada pusat bumi mengakibatkan adanya percepatan yang arahnya juga ke bawah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rumus gerak vertikal berlaku nilai percepatan  $a$  sebesar  $-g$ .

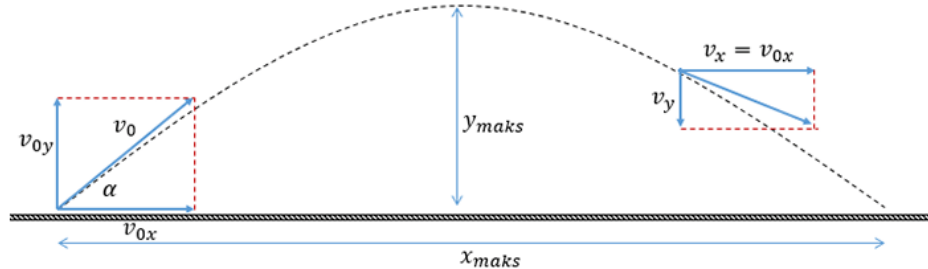
### 2.6.2 Kinematika Dalam Dua dan Tiga Dimensi

Gerak dua dimensi dapat digambarkan dengan sebuah partikel yang bergerak pada suatu bidang, dan gerak tiga dimensi dapat dengan mudah digambarkan seperti sebuah partikel yang bergerak di dalam sebuah ruang. Gerak pada masing-masing arah tidak saling mempengaruhi. Arah gerak pada sumbu  $x$  tidak akan mempengaruhi arah gerak pada sumbu  $y$ , begitu pula pada arah gerak sumbu  $y$  dan  $z$ .

#### a. Gerak Parabola

Gerak parabola merupakan perpaduan antara gerak lurus dengan percepatan konstan dan percepatan konstan. Lintasan dari gerak parabola adalah berbentuk parabola. Gerak parabola terjadi jika suatu objek ditembakkan pada medan gravitasi bumi dengan kecepatan tertentu dan membentuk sudut  $\alpha$  terhadap arah horizontal dimana  $\alpha \neq 90^0$ . Objek mendapat percepatan yang searah dengan medan gravitasi bumi yaitu ke arah pusat bumi. Sehingga mengakibatkan benda atau objek mengalami gerak lurus berubah beraturan diperlambat/dipercepat.

Sebagai contoh sebuah peluru ditembakkan dengan sudut elevasi sebesar  $\alpha$  dengan kecepatan awal  $v_0$ , maka gambar lintasan seperti dibawah ini:



**Gambar 2.11 Lintasan Gerak Parabola**

Untuk mempermudah dalam mempelajarinya maka rumus pada gerak parabola dapat dianalisis berdasarkan arah geraknya.

1. Gerak pada sumbu y

Gerak pada arah sumbu y dipengaruhi oleh gravitasi sehingga mengalami percepatan sebesar  $g$ . Arah  $g$  selalu menuju sumbu y negatif. Kecepatan awal pada sumbu y adalah  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ . Sehingga kecepatan dan ketinggian objek ( $y$ ) setelah  $t$  detik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v_y = (v_{0y} - gt)\mathbf{j} = (v_0 \sin \alpha - gt)\mathbf{j} \quad (2.42)$$

$$y = \left( v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \right)\mathbf{j} \quad (2.43)$$

Ketinggian maksimum ( $y_{maks}$ )

Apabila objek pada gerak parabola tidak dapat bergerak naik lebih tinggi maka hal tersebut merupakan ketinggian maksimum objek. Hal tersebut dapat terjail apabila kecepatan pada arah sumbu y bernilai nol. Berdasarkan persamaan di atas, dengan memasukkan nilai  $v_y = 0$  maka waktu yang

dibutuhkan untuk sampai pada ketinggian maksimum dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t_{maks} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \quad (2.44)$$

Dengan memasukkan persamaan tersebut, maka ketinggian maksimum ( $y_{maks}$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$y_{maks} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (2.45)$$

## 2. Gerak pada sumbu x

Kecepatan pada arah sumbu x adalah  $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$ . Besar kecepatan ini nilainya akan tetap karena tidak mendapat pengaruh dari percepatan gravitasi dan gaya hambat yang akan diabaikan. Sehingga kecepatan objek dan jarak setelah  $t$  detik pada arah sumbu  $x$  dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v_x = v_{0x} \mathbf{i} = v_0 \cos \alpha \mathbf{i} \quad (2.46)$$

$$x = (v_0 \cos \alpha \times t) \mathbf{i} \quad (2.47)$$

Resultan vektor kecepatan sebuah objek pada satuan waktu  $t$  akan selalu mengalami perubahan karena kecepatan yang dialami oleh sumbu  $y$  selalu mengalami perubahan meskipun kecepatan pada arah horizontal besarnya konstan. Rumus dari resultan vektor kecepatan adalah sebagai berikut:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (2.48)$$

### Jarak Maksimum ( $x_{maks}$ )

Pada kasus ini jarak maksimumnya diukur dari titik awal objek mulai bergerak pada suatu titik yang memiliki ketinggian sama dengan titik awal

objek tersebut. Karena gaya hambat udara tiddak ada, maka waktu yang dibutuhkan untuk turun sampai mencapai ketinggian yang sama dengan titik awal bergerak. Dengan demikian waktu yang diperlukan untuk mencapai jarak maksimum akan bernilai dua kali nilai  $t_{maks}$ .

$$t_{maks} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad (2.49)$$

Jarak maksimum sebuah objek akan dapat dengan mudah dihitung menggunakan persamaan:

$$x_{maks} = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2 \alpha}{g} \quad (2.50)$$

## b. Gerak Melingkar

Gerak melingkar adalah salah satu bentuk gerak yang lintasannya berbentuk lingkaran. Ada beberapa contoh benda di alam semesta yang bergerak melingkar, diantaranya adalah bumi yang berputar pada porosnya kemudian elektron yang bergerak mengelilingi inti atom.

### 1. Gerak Melingkar Beraturan

Gerak Melingkar Beraturan merupakan gerak yang lintasannya berupa lingkaran dan kelajuan yang dimiliki konstan.

#### **Frekuensi dan Periode**

Frekuensi dan periode pada gerak melingkar bernilai konstan. Jika sebuah partikel bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan ( $\omega$ ) dan berputar sebanyak  $n$  dengan rentan waktu  $t$  maka frekuensi dan periodenya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{n}{t} \quad (2.51)$$



$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{t}{n} \quad (2.52)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.53)$$

### Posisi Sudut dan Kecepatan Sudut

Sudut yang ditempuh setiap satuan detik akan selalu sama atau dengan kata lain perubahan posisi sudut sebanding dengan waktu. Apabila partikel yang bergerak melingkar memiliki kecepatan sudut yang konstan  $\omega$  maka setelah  $t$  perubahan posisi pada sudutnya dapat dituliskan sebagai  $\Delta\theta = \omega t$ .

$$\Delta\theta = \omega t \quad (2.54)$$

$$\theta_f - \theta_i = \omega t \quad (2.55)$$

$$\theta_f = \theta_i + \omega t \quad (2.56)$$

### Percepatan Sudut dan Percepatan Linier

Perubahan kecepatan sudut setiap satuan detik merupakan pengertian dari percepatan sudut. Sebagai contoh pada gerak melingkar beraturan besarnya nilai kecepatan sudut tidak akan mengalami perubahan  $\Delta\omega = 0$ . sehingga besar nilai percepatan sudutnya adalah nol yang disebabkan oleh karena tidak adanya perubahan kelajuan

### Percepatan Sentripetal

Pada gerak melingkar kecepatan akan mengalami perubahan sedangkan yang tidak mengalami perubahan adalah besarnya nilai kelajuan dan kecepatan sudut. Perubahan yang terjadi pada kecepatan bukan pada besar nilai kecepatannya namun pada arah kecepatan liniernya. Perubahan ini terjadi oleh karena adanya kecepatan sentripetal ( $a_{sp}$ )

$$a_{sp} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R \quad (2.57)$$

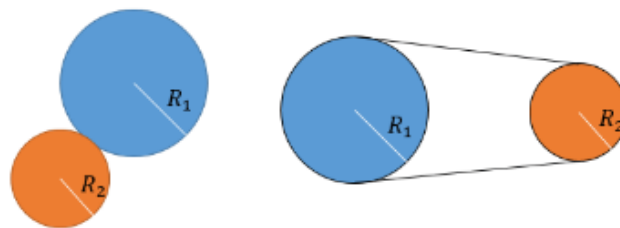
### Gerak Melingkar pada Sistem Beberapa Roda

Sistem beberapa roda pada zaman sekarang banyak digunakan pada mesin jam, sepeda motor, dan berbagai alat transportasi lainnya. Sistem beberapa roda digunakan untuk memindahkan energi gerak. Sebagai contoh gerak pada motor listrik dipindahkan ke jarum jam dengan sistem roda bersinggung. Kemudian gerak melingkar pada mesin motor dipindahkan ke roda dengan menggunakan rantai.

#### ➤ Roda Bersinggung dan Roda Terhubung Tali/Rantai

Pada roda yang saling bersinggung dan roda terhubung tali/rantai, roda akan bergerak dengan kelajuan linier yang sama sedangkan kecepatan sudutnya berbeda.

### Gambar 2.12 Roda Bersinggung dan Roda Terhubung Rantai



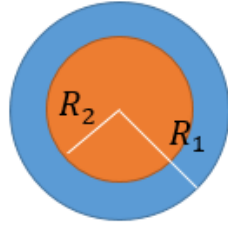
$$v_1 = v_2 \quad (2.58)$$

$$\omega_1 R_1 = \omega_2 R_2 \quad (2.59)$$

#### ➤ Roda Berpusat

Pada roda yang sepusat, roda-roda akan bergerak dengan kecepatan sudut yang sama sedangkan kecepatan liniernya akan berbeda.

Gambar 2.13 Roda Berpusat



$$\omega_1 = \omega_2 \quad (2.60)$$

$$\frac{v_1}{R_1} = \frac{v_2}{R_2} \quad (2.61)$$

## 2. Gerak Melingkar Berubah Beraturan

Gerak Melingkar Berubah Beraturan merupakan gerak melingkar yang memiliki kecepatan konstan.

### ➤ Percepatan dan Kecepatan Sudut

Gerak melingkar berubah beraturan adalah gerak yang kecepatan sudutnya dapat berubah secara beraturan. Perubahan kecepatan sudut setiap detik disebut dengan percepatan sudut, sehingga percepatan sudutnya selalu konstan. Dari definisi tersebut kecepatan sudut untuk sembarang waktu  $t$  dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (2.62)$$

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t_f - t_i} \quad (2.63)$$

$$\omega_f = \omega_i + \alpha(t_f - t_i) \quad (2.64)$$

Jika  $t_i = 0$  dan  $t_f = t$  maka persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t \quad (2.65)$$

Keterangan:

$\omega_i$  = kecepatan awal sudut saat  $t = 0$  s

$\omega_f$  = kecepatan sudut pada  $t$  detik

Perlu diingat bahwa percepatan sudut merupakan turunan pertama dari fungsi kecepatan terhadap waktu ( $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ ), sehingga pada kecepatan sudut dapat ditentukan dengan cara mengintegrasikan fungsi percepatan sudut terhadap waktu.

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} \quad (2.66)$$

$$d\omega = \alpha dt \quad (2.67)$$

$$\int_{\omega_i}^{\omega_f} d\omega = \int_{t_i}^{t_f} \alpha dt \quad (2.68)$$

$$\omega_f - \omega_i = \alpha(t_f - t_i) \quad (2.69)$$

$$\omega_f = \omega_i + \alpha(t_f - t_i) \quad (2.70)$$

Untuk  $t_i = 0$  dan  $t_f = t$  maka akan diperoleh

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t \quad (2.71)$$

#### ➤ Posisi Sudut

Kecepatan sudut rata-rata dapat digunakan untuk menentukan posisi sudut.

Kecepatan sudut adalah perubahan posisi sudut setiap satuan detik,  $\vec{\omega} =$

$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\omega_f + \omega_i}{2}$ , rumus untuk menentukan posisi sudut adalah sebagai berikut:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\omega_f + \omega_i}{2} \quad (2.72)$$

$$\frac{\theta_f - \theta_i}{t_f - t_i} = \frac{\omega_i + \alpha(t_f - t_i) + \omega_i}{2} \quad (2.73)$$

$$\theta_f - \theta_i = \omega_i(t_f - t_i) + \frac{1}{2}\alpha(t_f - t_i)^2 \quad (2.74)$$

$$\theta_f = \theta_i + \omega_i(t_f - t_i) + \frac{1}{2}\alpha(t_f - t_i)^2 \quad (2.75)$$

Untuk  $t_i = 0$  dan  $t_f = t$ , diperoleh

$$\theta_f = \theta_i + \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \quad (2.76)$$

Ingat bahwa kecepatan sudut sesaat adalah  $\omega = \frac{d\theta}{dt}$  kecepatan sudut sesaat

untuk contoh gerak melingkar berubah beraturan adalah  $\omega_f = \omega_i + \alpha t$ .

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad (2.77)$$

$$d\theta = \omega dt \quad (2.78)$$

$$\int d\theta = \int_{t_i}^{t_f} (\omega_i + \alpha t) dt \quad (2.79)$$

$$\theta_f - \theta_i = [\omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2]_{t_i}^{t_f} \quad (2.80)$$

Untuk  $t_i = 0$  dan  $t_f = t$ , diperoleh:

$$\theta_f = \theta_i + \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \quad (2.81)$$

## 2.7 Penelitian yang Relevan

Penelitian mengenai buku ajar fisika dasar 1 berbasis pendekatan saintifik telah dilakukan pada penelitain sebelumnya. Berikut adalah penelitian yang relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti:

Tabel2.1 Penelitian yang Relevan

Tahun	Judul Penelitian	Peneliti	Keterangan
2018	Pengembangan Modul Elektronik Menggunakan Aplikasi 3D <i>Pageflip Professional</i> Berbasis Sainifik Pada Materi Mekanika Benda Tegar Mata Kuliah Fisika Dasar 1	Novita Purba	Penelitian pengembangan ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran berupa modul elektronik menggunakan aplikasi <i>3D pageflip professional</i> berbasis saintifik pada materi mekanika benda tegar mata kuliah fisika dasar 1 dan persepsi mahasiswa pada modul elektronik. Penelitian pengembangan ini menggunakan model pengembangan ADDIE. Penelitian ini hanya dibatasi pada tahap pengembangan saja. Subjek dari penelitian ini adalah mahasiswa pendidikan fisika universitas jambi angkatan 2017. Hasil dari analisis persepsi mahasiswa untuk aspek tampilan modul elektronik dengan persentase skor hasil sebesar 38,14 dikategorikan sangat baik dan untuk aspek materi pada penelitian ini memiliki persentase skor sebesar 14,12 yang dikategorikan sangat baik. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa modul yang dikembangkan layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran.
2017	Pengembangan Modul Elektronik Berbasis 3D <i>Pageflip Professional</i> pada Materi Konsep Dasar Fisika Inti dan Struktur Inti	Wulan Sari	Penelitian pengembangan ini bertujuan untuk mengetahui persepsi mahasiswa terhadap modul elektronik berbasis <i>3D Pageflip Professional</i> pada mata kuliah fisika inti. Model pengembangan pada penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE, dengan tahapan analisis sampai dengan evaluasi pada tahap 1. Instrumen pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

	Mata Kuliah Fisika Atom dan Inti		angket yang diberikan kepada mahasiswa dan ahli media serta ahli materi. Analisis data pada penelitian ini dilakukan secara dekriptif kualitatif. Sedangkan skor angket dari validasi ahli media dan ahli materi serta angket persepsi mahasiswa dilakukan secara statistik deskriptif. Modul elektronik memiliki format .exe dan dapat digunakan dengan menggunakan PC/laptop. Pada modul elektronik yang dikembangkan sudah dilengkapi dengan uraian materi, animasi, video, contoh soal, lembar jawaban, dan soal tes formatif. Validasi telah dilakukan oleh ahli media dan ahli materi dengan masing-masing skor sebesar 74,7 dan 52 yang kemudia termasuk ke dalam skor dengan kategori sangat baik.
2018	Pengembangan Modul Elektronik Fisika Berbasis Pendekatan Sainifik Pada Materi Getaran Harmonis SMA/MA Menggunakan <i>Kvisoft Flipbook Maker</i>	Dewi Ayu Puspita Sari	Tujuan dari penelitian pengembangan ini adalah untuk mengetahui produk akhir modul elektronik fisika berbasis pendekatan saintifik pada materi getaran harmonis sma/ma menggunakan <i>kvisoft flipbook maker</i> serta mengetahui persepsi siswa terhadap modul elektronik yang telah dikembangkan. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model pengembangan ADDIE. Penelitian ini dilakukan di kelas XI MAN 2 Tanjung Jabung Timur pada November 2017. Hasil analisis persepsi siswa pada aspek desain sampul modul 14,0, aspek desain isi modul sebesar 25,03, aspek desain pada <i>software</i> yang digunakan sebesar 13,50, aspek komponen penyajian sebesar 3,50, aspek kemudahan pengoperasian sebesar 3,67 dan aspek komponen kebahasaan sebesar 18,40. Dari keenam aspek tersebut maka hasil dari persepsi siswa terhadap

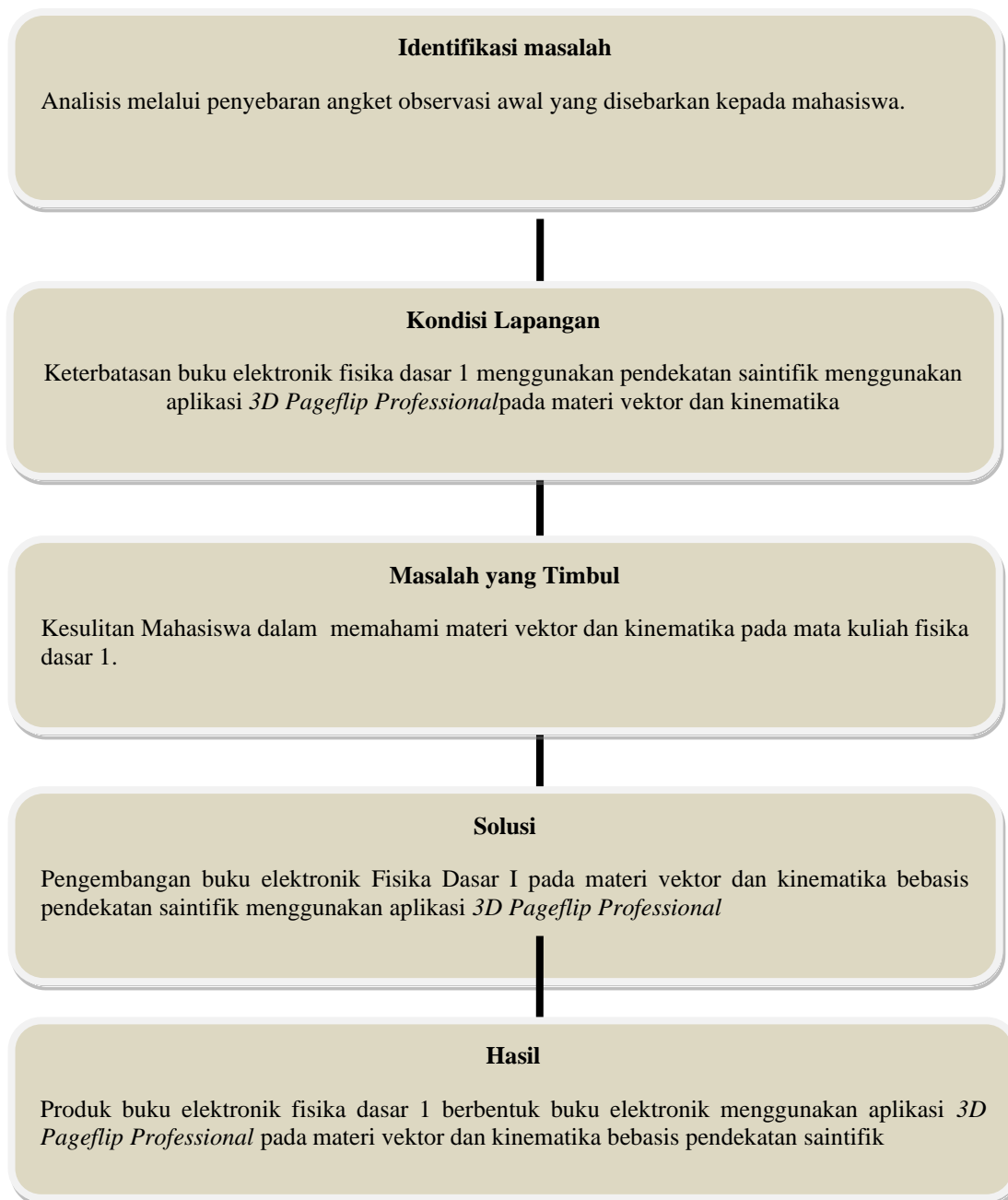
			modul elektronik ini dirata-ratakan secara total sebesar 78,17 yang dikategorikan sangat setuju untuk dikembangkan.
--	--	--	---

## 2.8 Kerangka Berpikir

Menurut Nurdin (2019) dalam Iswari (2020) kerangka berpikir merupakan dasar utama dalam penelitian yang kemudian dapat diperoleh fakta-fakta, observasi dan kajian kepustakaan. Bahan ajar yang digunakan merupakan faktor yang dapat digunakan untuk mengukur keberhasilan yang dicapai selama proses belajar mengajar. Faktor yang dapat mempengaruhi proses belajar yang ideal diantaranya adalah pendidik yang dalam hal ini merupakan dosen pengampu dalam menyampaikan materi, bahan ajar serta fasilitas selama pembelajaran yang memadai, dan suasana yang menyenangkan selama proses pembelajaran.

Namun kenyataan dilapangan masih terdapat bahan ajar yang kurang memadai sehingga membuat mahasiswa kurang mampu memahami materi sehingga daya tarik mereka untuk mempelajarinya menurun, selain itu materi dan soal-soal dalam kehidupan sehari-hari yang kurang merupakan salah satu faktor penyebab sulitnya mahasiswa memahami materi. Penelitian pengembangan bahan ajar berupa buku elektronik pada mata kuliah Fisika Dasar I dengan menggunakan penekatan saintifik pada materi vektor dan kinematika dirasa perlu untuk menunjang kegiatan pembelajaran yang lebih baik kedepannya.





**Gambar 3.14 Kerangka Berpikir**