

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Buku Siswa

Buku siswa merupakan salah satu komponen yang digunakan dalam proses pembelajaran agar tujuan pembelajaran dapat tercapai. Melalui buku siswa, siswa dapat lebih memahami materi yang telah disampaikan oleh guru. Sehingga buku siswa dapat digunakan siswa sebagai sarana penunjang untuk kelancaran kegiatan belajarnya di kelas maupun di rumah. Menurut Arsyad (2005: 78) buku siswa adalah suatu buku yang berisi materi pelajaran berupa konsep-konsep atau pengertian-pengertian yang akan dikonstruksi siswa melalui masalah-masalah yang ada di dalamnya yang disusun berdasarkan pendekatan.

Menurut Trianto (2007: 112)

Buku siswa merupakan buku panduan bagi siswa dalam kegiatan pembelajaran yang memuat materi pelajaran, kegiatan penyelidikan berdasarkan konsep, kegiatan sains, informasi, dan contoh-contoh penerapan sains dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan beberapa pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa buku siswa adalah buku yang berisikan materi yang dapat memudahkan siswa dalam proses pembelajaran di kelas maupun di rumah. Buku siswa dapat dijadikan siswa sebagai pedoman untuk memperoleh dan memahami serta menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh untuk menyelesaikan masalah yang terjadi sehari-hari di lingkungan sekitar. Selain itu buku siswa juga dapat dijadikan sebagai alat

evaluasi untuk mengukur sejauh mana tingkat pemahaman siswa terhadap materi yang telah diajarkan.

Indikator validasi buku siswa menurut Uswatun dalam Nahel (2012: 1) meliputi:

1. Komponen kelayakan isi, yaitu: (1) cangkupan materi, meliputi: keluasan materi dan kedalaman materi; (2) Akurasi materi, meliputi: akurasi fakta, akurasi konsep, akurasi prosedur/metode, akurasi teori; (3) Kemutakhiran, meliputi: kesesuaian dengan perkembangan ilmu, keterkinian fitur (contoh-contoh), kutipan termassa (*up to date*), satuan yang digunakan adalah satuan Sistem Internasional; (4) Merangsang keingintahuan, meliputi: menumbuhkan rasa ingin tahu, memberi tantangan untuk belajar lebih jauh; (5) Mengembangkan kecakapan hidup, meliputi: mengembangkan kecakapan hidup, sosial dan akademik.
2. Komponen bahasa, yaitu: (1) Sesuai dengan perkembangan siswa, meliputi: kesesuaian dengan tingkat perkembangan berpikir dan sosial emosional siswa; (2) Komunikatif, meliputi: keterpahaman siswa terhadap pesan, kesesuaian ilustrasi dengan substansi pesan, dialogis dan interaktif, kemampuan memotivasi siswa untuk merespon pesan, dorongan berpikir kritis pada siswa; (3) Koherensi dan keruntutan alur pikir, meliputi: (a) ketertautan antar bab, antara bab dan sub-sub, antara sub-sub dalam bab dan antara alinea dalam sub bab; (b) keutuhan makna dalam bab, dalam sub-bab dan makna dalam satu alinea; (4) Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang benar, meliputi: ketepatan tata bahasa, ketepatan ejaan; (5) Penggunaan istilah dan simbol/lambang, meliputi: konsistensi penggunaan istilah, konsistensi penggunaan simbol.

3. Komponen penyajian, yaitu: (1) Teknik penyajian, meliputi: konsistensi sistematika sajian dalam bab, kelogisan penyajian, keruntutan konsep, hubungan antara fakta antara konsep dan antara prinsip serta antara teori, keseimbangan antar bab dan keseimbangan substansi antar sub-sub dalam bab, kesesuaian/ketepatan ilustrasi dengan materi dalam bab, identifikasi tabel, gambar dan lampiran; (2) Penyajian pembelajaran, meliputi: berpusat pada siswa, keterlibatan siswa, keterjalinan komunikasi interaktif, kesesuaian dan karakteristik mata pelajaran, kemampuan merangsang kedalaman berpikir siswa, kemampuan memunculkan umpan balik untuk evaluasi.

Buku siswa yang telah ada hanya berisikan materi-materi pembelajaran, namun buku siswa tersebut masih belum secara memadai mengintegrasikan pendidikan karakter di dalamnya. Apabila guru hanya sekedar mengikuti pembelajaran yang berpatokan pada kegiatan pembelajaran pada buku-buku tersebut, pendidikan karakter secara memadai belum berjalan.

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi pengetahuan, keterampilan dan sikap secara utuh. Proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai suatu kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut. Buku siswa IPA berdasarkan kurikulum 2013, disusun mengacu pada pembelajaran IPA secara terpadu dan utuh, sehingga setiap pengetahuan yang diajarkan, pembelajarannya harus dilanjutkan sampai membuat siswa terampil dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasainya secara konkret dan abstrak, dan bersikap sebagai makhluk yang

mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

B. Desain Buku Siswa

Pembelajaran dalam kurikulum 2013 lebih diarahkan kepada penanaman karakter kepada siswa. Pemerintah telah mempersiapkan perangkat pembelajaran, salah satunya adalah buku pelajaran. Pemerintah membuat buku pelajaran kurikulum 2013 dua jenis, yaitu buku guru dan siswa. Dengan mengacu kepada buku siswa milik pemerintah, pengembang ingin mengembangkan suatu produk yaitu buku siswa sesuai dengan kurikulum 2013 dengan menitikberatkan fokus karakter. Materi yang dipilih dalam buku siswa akan ditampilkan muatan nilai-nilai karakter.

C. Nilai Karakter

Karakter adalah perilaku atau sifat dari seseorang yang dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya yang membedakan seseorang dari yang lainnya. Karakter identik dengan kepribadian atau akhlak. Kepribadian merupakan ciri, karakteristik, atau sifat khas diri seseorang yang bersumber dari bentukan-bentukan yang diterima dari lingkungan, misalnya keluarga pada masa kecil dan bawaan sejak lahir (Koesoema, 2007: 80). Karakter identik dengan akhlak, sehingga karakter merupakan nilai-nilai perilaku manusia yang universal yang meliputi seluruh aktivitas manusia, baik dalam rangka berhubungan dengan Tuhan, dengan diri sendiri, dengan sesama manusia, maupun dengan lingkungan, yang terwujud dalam pikiran, sikap, perasaan, perkataan, dan perbuatan berdasarkan norma-norma agama, hukum, tata karma, budaya, dan adat istiadat.

Karakter dikembangkan melalui tahap pengetahuan (*knowing*), pelaksanaan (*acting*), dan kebiasaan (*habit*). Karakter tidak terbatas pada pengetahuan saja. Pengembangan karakter dalam suatu sistem pendidikan adalah keterkaitan antara komponen-komponen karakter yang mengandung nilai-nilai perilaku, yang dapat dilakukan atau bertindak secara bertahap dan saling berhubungan antara pengetahuan nilai-nilai perilaku dengan sikap atau emosi untuk melaksanakannya, baik terhadap Tuhan, dirinya, sesama lingkungan.

Khan (2010: 2) menjelaskan terdapat empat jenis karakter yang selama ini dilaksanakan dalam proses pendidikan, yaitu sebagai berikut:

- (1) Pendidikan karakter berbasis nilai budaya, antara yang merupakan kebenaran wahyu Tuhan (konservasi moral);
- (2) Pendidikan karakter berbasis budaya, antara lain yang berupa budi pekerti, Pancasila, apresiasi sastra, keteladanan tokoh-tokoh sejarah dan para pemimpin bangsa (konservasi lingkungan);
- (3) Pendidikan karakter berbasis lingkungan (konservasi lingkungan);
- (4) Pendidikan karakter berbasis potensi diri, yaitu sikap pribadi, hasil proses kesadaran pemberdayaan potensi dari yang darahkan untuk meningkatkan kualitas pendidikan (konservasi humanis)

Dari konsep karakter ini muncul konsep pendidikan karakter (*character education*).

Pendidikan karakter bangsa adalah upaya sadar untuk memperbaiki, meningkatkan dan membentuk watak dan perilaku yang mencangkup adat istiadat, nilai-nilai potensi, kemampuan, bakat, dan pikiran suatu bangsa. Pendidikan karakter yang dikembangkan melalui sekolah harus dapat untuk membawa peserta didik memiliki nilai-nilai karakter mulia seperti hormat dan peduli pada orang lain, tanggung jawab, jujur, dan disiplin. Di sisi lain pendidikan karakter juga harus mampu menjauhkan peserta didik dari sikap dan perilaku yang tercela dan dilarang.

Pusat Kurikulum Kemdiknas (2009: 9-10) dalam rangka lebih memperkuat pelaksanaan pendidikan karakter pada satuan pendidikan telah teridentifikasi 18 nilai yang bersumber dari agama, Pancasila, budaya, dan tujuan pendidikan nasional, yaitu : (1) nilai religius; (2) jujur; (3) toleransi; (4) disiplin; (5) kerja keras; (6) kreatif; (7) mandiri; (8) demokratis; (9) rasa ingin tahu; (10) semangat kebangsaan; (11) cinta tanah air; (12) menghargai prestasi; (13) komunikatif; (14) cinta damai; (15) gemar membaca; (16) peduli lingkungan; (17) peduli sosial; (18) tanggung jawab. Meskipun telah dirumuskan 18 nilai pembentuk karakter bangsa, namun satuan pendidikan dapat menentukan prioritas pengembangannya untuk melanjutkan nilai-nilai prakondisi yang telah dikembangkan. Pemilihan nilai-nilai tersebut beranjak dari kepentingan dan kondisi satuan pendidikan masing-masing, yang dilakukan melalui analisis konteks, sehingga implementasinya dimungkinkan terdapat perbedaan jenis nilai karakter yang dikembangkan antara satu sekolah dan atau daerah yang satu dengan yang lainnya.

Menurut Aqib (2011: 50), pengertian pendidikan karakter secara terintegrasi di dalam proses pembelajaran adalah pengenalan nilai-nilai, fasilitasi diperolehnya kesadaran akan pentingnya nilai-nilai, dan penginternalisasian nilai-nilai ke dalam tingkah laku peserta didik sehari-hari melalui proses pembelajaran, baik yang berlangsung di dalam maupun luar kelas pada semua mata pelajaran. Pada dasarnya kegiatan pembelajaran, selain untuk menjadikan peserta didik menguasai kompetensi (materi) yang ditargetkan, juga dirancang dan dilakukan untuk menjadikan peserta didik mengenal, menyadari/peduli, dan menginternalisasi nilai-nilai dan mengamalkannya dalam kehidupan sehingga tercermin perilaku

yang bernilai baik. Dalam struktur kurikulum sekolah, pada dasarnya setiap mata pelajaran memuat mater-materi yang berkaitan dengan karakter.

Yang tidak kalah penting, harus ada upaya serius untuk menumbuhkan nilai karakter melalui dunia pendidikan. Institusi pendidikan, harus menjadi benteng yang tangguh untuk menginternalisasi dan menanamkan nilai nilai karakter kepada anak-anak bangsa yang kini tengah gencar menuntut ilmu. Nilai-nilai tersebut disemaikan ke dalam dunia pendidikan melalui proses pembelajaran yang aktif, inovatif, kreatif, efektif, dan menyenangkan. Tidak harus menjadi mata pelajaran tersendiri, tetapi disajikan lintas mata pelajaran melalui pokok-pokok bahasan yang relevan.

Penelitian ini menggunakan beberapa sikap atau perilaku ilmiah sebagai salah satu indikatornya, yaitu sebagai berikut:

1. Rasa ingin tahu, menurut Kemendiknas (2010: 10) rasa ingin tahu adalah sikap dan tindakan yang selalu berupaya untuk mengetahui lebih mendalam dan meluas dari sesuatu yang dipelajarinya, dilihat, dan didengar. Rasa ingin tahu siswa dikembangkan dengan cara menghadapkan siswa pada permasalahan kehidupan sehari-hari yang memacunya untuk berpikir dan kemudian memunculkan pertanyaan dan berusaha untuk mencari solusinya.
2. Komunikatif merupakan salah satu karakter yang telah ada dalam diri siswa sejak lahir namun sangat perlu untuk dikembangkan. Menurut Kemendiknas (2010: 9) komunikatif adalah tindakan yang memperlihatkan rasa senang berbicara, bergaul dan bekerjasama dengan orang lain. Siswa dengan komunikasi yang baik akan banyak bertanya maupun berpendapat mengenai

materi pembelajaran dikelas maupun informasi yang diperolehnya dari lingkungan sekitarnya. Untuk itu karakter komunikatif perlu dikembangkan pada diri siswa agar siswa dapat berkomunikasi dengan baik.

D. Pendekatan Saintifik

Dalam penelitian ini penulis menggunakan pendekatan saintifik dalam pengembangan buku siswa. Suyatna (2013: 1) mengungkapkan bahwa:

“Pendekatan ilmiah berarti konsep dasar yang menginspirasi atau melatarbelakangi perumusan metode mengajar dengan menerapkan karakteristik ilmiah. Penerapan pendekatan ilmiah dalam pembelajaran tidak hanya fokus pada bagaimana mengembangkan kompetensi siswa dalam melakukan observasi atau eksperimen, namun bagaimana mengembangkan pengetahuan dan keterampilan berpikir sehingga dapat mendukung aktivitas kreatif dalam berinovasi dan berkarya.”

“Pembelajaran yang menerapkan *scientific approach* mengandung aktivitas siswa berupa mengamati, menanya, mencoba, mengolah, menyaji, menalar, dan mencipta. Tujuh aktivitas tersebut merupakan aktivitas dalam mengembangkan keterampilan berpikir untuk mengembangkan rasa ingin tahu siswa.”

Selain itu, di dalam Kemendikbud (2013: 192) juga dijelaskan bahwa “Proses pembelajaran *scientific approach* harus terhindar dari sifat-sifat atau nilai-nilai non-ilmiah yang meliputi intuisi, akal sehat, prasangka, penemuan melalui coba-coba, dan asal berpikir kritis”

Berdasarkan pendapat-pendapat di atas, maka pembelajaran dengan menerapkan *scientific approach* atau pendekatan ilmiah dapat diartikan sebagai konsep dasar dalam melatarbelakangi semua proses pembelajaran dengan menerapkan metode ilmiah yang dapat mengembangkan kompetensi, pengetahuan, dan keterampilan berpikir serta menghindari sifat dan nilai non-ilmiah sehingga dapat mendukung aktivitas kreatif dalam berinovasi dan berkarya.

Kemendikbud (2013: 213-214) mengungkapkan bahwa komponen-komponen penting dalam mengajar menggunakan pendekatan ilmiah yaitu:

1) Menyajikan pembelajaran yang dapat meningkatkan rasa keingintahuan (*foster a sense of wonder*); 2) Meningkatkan keterampilan mengamati (*encourage observation*); 3) Melakukan analisis (*Push of analysis*); dan 4) Berkomunikasi (*require communication*)

Berdasarkan ungkapan di atas, maka dapat dijelaskan bahwa dalam penggunaan pendekatan ilmiah perlu diperhatikan adalah semua pengetahuan dan pemahaman dimulai dari rasa ingin tahu dari peserta didik, yang kemudian dapat difasilitasi dalam kegiatan tanya jawab baik mulai dari kegiatan pendahuluan, kegiatan inti, dan penutup. Selain tanya jawab, dapat juga dengan melalui memberikan suatu masalah, fakta-fakta atau kejadian alam yang ada di sekitar peserta didik.

Selanjutnya, pembiasaan kegiatan mengamati sangat bermanfaat bagi pemenuhan rasa ingin tahu peserta didik, sehingga proses pembelajaran memiliki kebermaknaan yang tinggi. Untuk meningkatkan keterampilan mengamati, maka didalam pembelajaran sebaiknya dimunculkan kegiatan yang memungkinkan siswa menggunakan berbagai panca indranya untuk mencatat hasil pengamatan. Sedangkan menganalisis dapat berupa analisis kuantitatif dan kualitatif, dan pada pendekatan ini, guru memfasilitasi peserta didik untuk mengkomunikasikan hasil dari yang telah mereka pelajari.

a. *Kriteria Scientific Approach*

Proses pembelajaran disebut ilmiah jika memenuhi beberapa kriteria yang dalam Kemendikbud (2013: 191-192) diuraikan seperti berikut:

1) Substansi atau materi pembelajaran berbasis pada fakta atau fenomena yang dapat dijelaskan dengan logika atau penalaran tertentu; bukan sebatas kira-kira, khayalan, legenda, atau dongeng semata; 2) Penjelasan guru, respon peserta didik, dan interaksi edukatif guru-peserta didik terbebas dari prasangka yang serta-merta, pemikiran subjektif, atau penalaran yang menyimpang dari alur berpikir logis; 3) Mendorong dan menginspirasi peserta didik berpikir secara kritis, analitis, dan tepat dalam mengidentifikasi, memahami, memecahkan masalah, dan

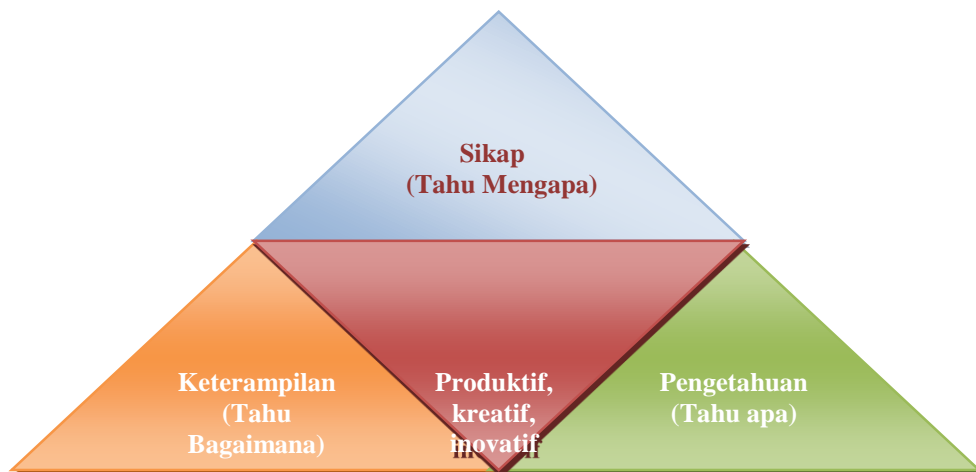
mengaplikasikan substansi atau materi pembelajaran; 4) Mendorong dan menginspirasi peserta didik mampu berpikir hipotetik dalam melihat perbedaan, kesamaan, dan tautan satu dengan yang lain dari substansi atau materi pembelajaran; 5) Mendorong dan menginspirasi peserta didik mampu memahami, menerapkan, dan mengembangkan pola berpikir yang rasional dan objektif dalam merespon substansi atau materi pembelajaran; 6) Berbasis pada konsep, teori, dan fakta empiris yang dapat dipertanggung-jawabkan; dan 7) Tujuan pembelajaran dirumuskan secara sederhana, jelas, dan menarik sistem penyajiannya.

Dari pernyataan di atas, maka dalam melaksanakan pendekatan ilmiah harus dilaksanakan dengan dipandu nilai-nilai, prinsip-prinsip, atau kriteria ilmiah yang menonjol melalui pengamatan, penalaran, penemuan, pengabsahan, dan penjelasan tentang suatu kebenaran dan terhindar dari sifat-sifat non-ilmiah yang sering dilakukan siswa pada umumnya.

Materi pembelajaran fisika sangat sesuai dengan poin-poin yang telah disebutkan di atas, yaitu berbasis pada konsep, teori, dan fakta; fisika juga menuntut siswa untuk mampu memahami, menerapkan, dan mengembangkan pola berpikir yang rasional dan objektif. Sehingga dalam melakukan pembelajaran harus menggunakan pendekatan ilmiah.

b. Langkah-langkah Pembelajaran dengan *Scientific Approach*

Langkah-langkah pembelajaran dengan menggunakan *Scientific Approach* dapat dilihat pada Gambar 2.1.

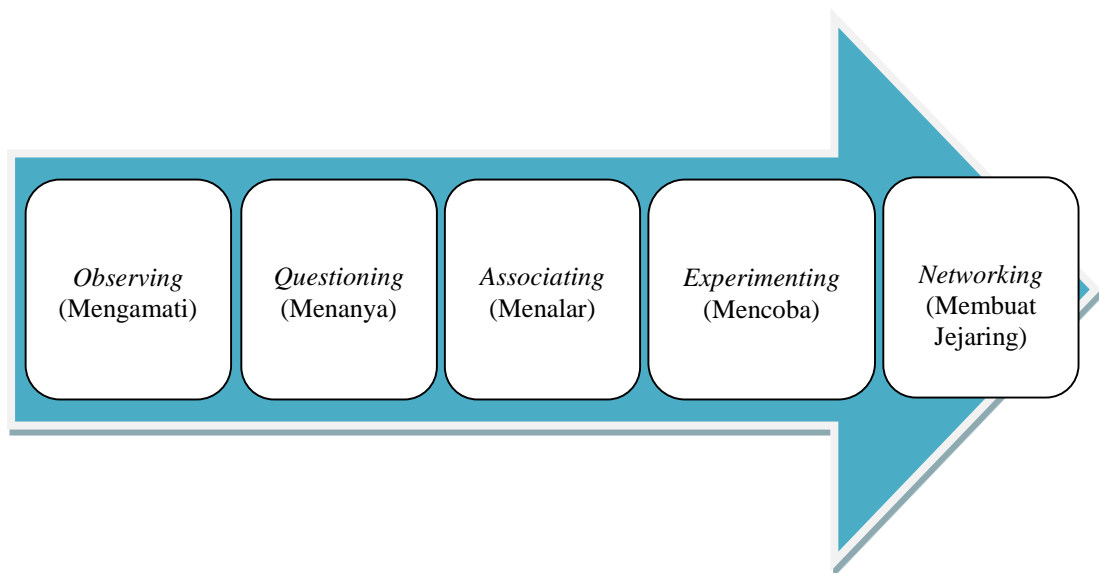


Hasil belajar melahirkan peserta didik yang produktif, kreatif, inovatif dan afektif melalui penguatan sikap, keterampilan dan pengetahuan yang terintegrasi

Gambar 2.1 Langkah-langkah Pembelajaran dengan Pendekatan Ilmiah

Berdasarkan Gambar 2.1 di atas, maka dapat dijelaskan bahwa dalam proses pembelajaran harus menyentuh tiga ranah, yaitu sikap, keterampilan, dan pengetahuan. Dalam ranah sikap, siswa akan tahu tentang “mengapa” suatu materi itu diajarkan; dalam ranah keterampilan, siswa akan tahu tentang “bagaimana” suatu masalah dapat dipecahkan; dan pada ranah pengetahuan maka siswa akan tahu tentang “apa” maksud dari materi atau masalah pembelajaran yang disajikan oleh guru. Hasil akhirnya adalah peningkatan dan keseimbangan antara kemampuan untuk menjadi manusia yang baik (*soft skills*) dan manusia yang memiliki kecakapan dan pengetahuan untuk hidup secara layak (*hard skills*) dari peserta didik yang meliputi aspek kompetensi sikap, keterampilan, dan pengetahuan.

Dalam Kemendikbud (2013: 194) juga dipaparkan langkah-langkah pembelajaran dengan menggunakan *scientific approach* seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pendekatan Ilmiah dalam Pembelajaran
Sumber: Kemendikbud (2013)

Berdasarkan Gambar 2.2, dapat dijelaskan dalam melakukan pembelajaran semua mata pelajaran meliputi menggali informasi melalui pengamatan, bertanya, menalar, percobaan, kemudian mengolah data atau informasi, menyajikan data atau informasi, dilanjutkan dengan membentuk jejaring.

Untuk materi, situasi dan keadaan tertentu, sangat tidak mungkin pendekatan ilmiah tepat untuk dilakukan sesuai dengan prosedur-prosedur di atas. Oleh karena itu, kondisi yang seperti itu harus tetap menerapkan nilai-nilai ilmiah dan menghindari nilai non-ilmiah, dan pembelajaran yang tepat itu disajikan dalam bentuk “1) mengamati; 2) menanya; 3) menalar; 4) analogi dalam pembelajaran; 5) hubungan antar fenomena; dan 6) mencoba”.

Tidak semua materi pembelajaran bisa dieksperimenkan, misalnya tentang tata surya. Materi pembelajaran tersebut sangat tidak mungkin untuk dieksperimenkan. Oleh karena itu, siswa cukup dengan melakukan pengamatan dengan membaca dari beberapa referensi, kemudian menanyakan

sesuatu yang belum diketahui, yang diikuti dengan kegiatan menalar masalah tersebut, menganalogikan, kemudian menghubungkan antara peristiwa yang satu dan peristiwa yang lainnya.

c. Implementasi *Scientific Approach*

Aspek-aspek dalam pendekatan ilmiah terintegrasi pada metode ilmiah dan pendekatan keterampilan proses yang dapat diterapkan dalam pembelajaran IPA. Keterampilan yang dilatihkan ini dikenal dengan keterampilan proses IPA. *American Association for the Advancement of Science* (1970) dalam Kemendikbud (2013: 215), mengklasifikasikan menjadi keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu. Klasifikasi keterampilan proses tersebut tertera pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Keterampilan Proses Dasar dan Terpadu

Keterampilan Proses Dasar	Keterampilan Proses Terpadu
- Pengamatan	- Pengontrolan variabel
- Pengukuran	- Interpretasi data
- Menyimpulkan	- Perumusan hipotesis
- Meramalkan	- Pendefinisian variable secara operasional
- Menggolongkan	- Merancang eksperimen
- Mengkomunikasikan	

Melalui pengalaman langsung seseorang dapat lebih menghayati proses atau kegiatan yang sedang dilakukan. Pada Tabel 2.2 berikut ini disajikan jenis-jenis indikator keterampilan proses beserta sub indikatornya.

Tabel 2.2 Jenis-jenis Indikator Keterampilan Proses beserta Sub Indikatornya

No	Indikator	Sub Indikator Keterampilan Proses Sains
1	Mengamati	- Menggunakan sebanyak mungkin alat indera - Mengumpulkan/ menggunakan fakta yang relevan
2	Mengelompokkan/ Klasifikasi	- Mencatat setiap pengamatan secara terpisah; - Mencari perbedaan, persamaan; - Mengontraskan ciri-ciri;

Lanjutan Tabel 2.2

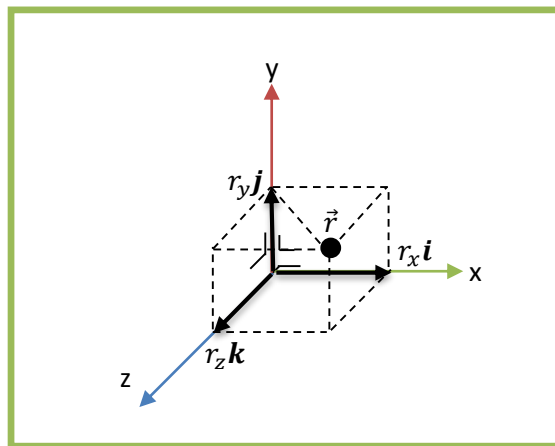
No	Indikator	Sub Indikator Keterampilan Proses Sains
		<ul style="list-style-type: none"> - Membandingkan ; - Mencari dasar pengelompokkan atau penggolongan
3	Menafsirkan	<ul style="list-style-type: none"> - Menghubungkan hasil-hasil pengamatan ; - Menemukan pola dalam suatu seri pengamatan; - Menyimpulkan
4	Meramalkan	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan pola-pola hasil pengamatan; - Mengungkapkan apa yang mungkin terjadi pada keadaan sebelum diamati
5	Mengajukan pertanyaan	<ul style="list-style-type: none"> - Bertanya apa, mengapa, dan bagaimana; - Bertanya untuk meminta penjelasan; - Mengajukan pertanyaan yang berlatar belakang hipotesis.
6	Merumuskan hipotesis	<ul style="list-style-type: none"> - Mengetahui bahwa ada lebih dari satu kemungkinan penjelasan dari suatu kejadian. - Menyadari bahwa suatu penjelasan perlu diuji kebenarannya dengan memperoleh bukti lebih banyak atau melakukan cara pemecahan masalah.
7	Merencanakan percobaan	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
8	Menggunakan alat/bahan	<ul style="list-style-type: none"> - Memakai alat/ bahan - Mengetahui alasan mengapa menggunakan alat/ bahan ; - Mengetahui bagaimana menggunakan alat/ bahan.
9	Menerapkan konsep	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan konsep yang telah dipelajari dalam situasi baru - Menggunakan konsep pada pengalaman baru untuk menjelaskan apa yang sedang terjadi
10	Berkomunikasi	<ul style="list-style-type: none"> - Mengubah bentuk penyajian - Menggambarkan data empiris hasil percobaan atau pengamatan dengan grafik atau tabel atau diagram; - Menyusun dan menyampaikan laporan secara sistematis; - Menjelaskan hasil percobaan atau penelitian; - Membaca grafik atau tabel atau diagram; - Mendiskusikan hasil kegiatan mengenai suatu masalah atau suatu peristiwa.

Berdasarkan Tabel 2.2, maka dapat dijelaskan bahwa pendekatan ilmiah lebih menekankan pada keterampilan proses sains, dengan hal itu siswa lebih banyak belajar dengan melakukan aktivitas sendiri.

E. Kinematika dengan Analisis Vektor

1. Gerak Lurus

Perubahan posisi memunculkan perpindahan. Posisi dan perpindahan keduanya merupakan besaran vektor. Sangat penting kalian ingat bahwa fisika membedakan pengertian perpindahan dan jarak. Misalkan kalian pergi kepasar untuk belanja. Satu jam berikutnya kalian kembali lagi ke rumah. Menurut pengertian perpindahan, selama satu jam tersebut, kalian mengalami perpindahan nol. Sedangkan jarak yang kalian alami adalah total panjang lintasan saat kalian bergerak bolak balik dari rumah ke pasar.



Gambar 2.3 Vektor posisi \vec{r} di dalam suatu ruang pada sumbu kartesian

Jadi posisi kalian pada saat di suatu ruang tersebut yaitu:

$$\vec{r} = r_x \hat{i} + r_y \hat{j} + r_z \hat{k} \quad \dots \quad (1)$$

Pada setiap sumbu tersebut, terdapat vektor satuan yang besarnya satu dan memiliki arah yang sama dengan arah sumbunya.

Jika posisi awal kalian pada saat belum mengalami perpindahan disebut \vec{r}_0 , setelah itu kalian bergerak ke sisi lain yaitu \vec{r}_1 , maka perpindahan kalian adalah:

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_0 \quad \dots \quad (2)$$

$$\Delta \vec{r} = (r_{x1} - r_{x0})\hat{i} + (r_{y1} - r_{y0})\hat{j} + (r_{z1} - r_{z0})\hat{k} \dots (3)$$

a. Kecepatan rata-rata dan kecepatan sesaat

Pernahkah kalian perhatikan *speedometer* pada saat kalian mengemudi kendaraan ketika pergi ke suatu tempat atau ke sekolah? Apa maksud dari angka-angka yang tiap kali berubah sepanjang kalian menempuh perjalanan tersebut? Mengapa jarum penunjuk bergerak naik?

Kecepatan rata-rata dari sebuah benda yang bergerak sama dengan perpindahan suatu benda dibagi dengan interval waktu yang digunakan selama perpindahan tersebut.

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \dots (4)$$

Keterangan:

\bar{v} = kecepatan rata-rata (m/s)

Δr = perpindahan benda (m)

Δt = selang waktu (sekon)

Jika kita masukan persamaan 2 ke dalam persamaan 4, maka akan didapatkan:

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\vec{r}_1 - \vec{r}_0}{t - t_0} = \frac{(r_{x1} - r_{x0})\hat{i} + (r_{y1} - r_{y0})\hat{j} + (r_{z1} - r_{z0})\hat{k}}{t - t_0} \dots (5)$$

Perhatikan Gambar 2.4, sebuah mobil yang berhenti ketika lampu merah sedang menyala. Ketika lampu berganti menjadi hijau, mobil tersebut mulai melaju sampai 60 km/jam, berjalan dengan kecepatan tersebut untuk beberapa saat, kemudian melambat sampai 20 km/jam ketika menghadapi kemacetan.



Gambar 2.4 Mobil berhenti ketika lampu merah

Dan akhirnya melaju kembali dengan kecepatan 60 km/jam. Artinya, nilai kecepatan mobil tersebut berubah pada saat-saat tertentu. Ini yang dimaksud dengan konsep kecepatan sesaat. Jadi kecepatan sesaat dapat kita definisikan sebagai kecepatan rata-rata selama selang waktu Δt yang sangat kecil, mendekati nol. Maka secara matematis, kecepatan sesaat dapat kita tulis:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \dots\dots\dots (6)$$

Selanjutnya persamaan 6 dapat kita tuliskan sebagai:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d(r_x \hat{i} + r_y \hat{j} + r_z \hat{k})}{dt} = (v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}) \dots\dots (7)$$

b. Percepatan rata-rata dan percepatan sesaat

Pada percepatan dikenal juga istilah percepatan rata-rata dan percepatan sesaat. Oleh karena kecepatan termasuk besaran vektor, maka percepatan juga merupakan besaran vektor, yang memiliki besar nilai dan arahnya.

Sepanjang perjalanan menuju ke sekolah, Andi selalu memperhatikan speedometer yang bekerja pada bus. Ketika bus sedang melaju kencang Andi melihat jarum menunjuk pada angka 50 km/jam, dan terus bergerak naik menjadi 70 km/jam. Artinya, pada interval atau selang waktu tertentu, bus mengalami perubahan kecepatan (Δv).

Perubahan kecepatan terhadap suatu interval waktu (Δt) kita definisikan sebagai percepatan rata-rata. Arah percepatan rata-rata searah dengan arah perubahan kecepatan.

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

$\langle \vec{a} \rangle$ = Percepatan rata-rata (m/s^2)

$\Delta \vec{v}$ = Perubahan kecepatan (m/s)

Δt = Selang waktu (s)

Percepatan sesaat merupakan turunan kedua dari fungsi posisi. Percepatan sesaat \vec{a} memiliki arah yang sama dengan perubahan kecepatan $\Delta \vec{v}$. Kita tuliskan persamaanya sebagai berikut:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \right) \dots\dots\dots (9)$$

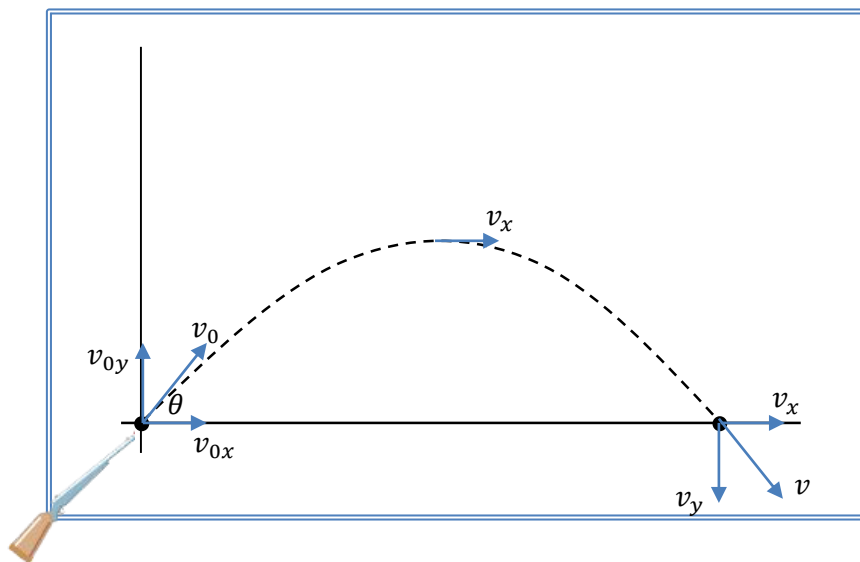
$$\vec{a} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2} \hat{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \hat{j} + \frac{d^2z}{dt^2} \hat{k} \dots\dots\dots (10)$$

Persamaan 10 dapat kita tulis sebagai:

$$\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k} \dots\dots\dots (11)$$

2. Gerak Parabola

Gerak parabola adalah perpaduan antara dua gerak yang arahnya saling tegak lurus, yaitu gerak arah horizontal $x(t)$ dengan kecepatan konstan dan gerak arah vertikal $y(t)$ yang mempunyai kecepatan konstan yaitu percepatan gravitasi. Walaupun sebenarnya sebuah benda yang melambung di udara mengalami gaya gesek udara, namun gaya gesek tersebut diabaikan. Gerak parabola salah satu contohnya ada gerak proyektil. Sebuah proyektil bisa berupa sebuah bola golf, baseball, batu kecil atau pasir yang ditendang/dilempar tetapi bukan sebuah pesawat terbang atau seekor burung yang sedang terbang.



Gambar 2.5 Lintasan peluru yang ditembakkan pada kecepatan awal v_0 dengan sudut elevasi θ

Jika kita memperhatikan Gambar 2.5, arah horizontal gerak benda tidak mempunyai percepatan, lihat arah dan besar kecepatan adalah konstan, maka komponen kecepatan v_x tidak mengalami perubahan dari keadaan awal sampai akhir gerak, yaitu sebesar v_{0x} .

Untuk sembarang waktu t gerak benda arah horizontal mengalami perpindahan $x - x_0$ dari posisi awal x_0 , berlaku persamaan gerak lurus beraturan, maka persamaan geraknya dapat dituliskan sebagai $x - x_0 = v_{0x}t$. Karena $v_{0x} = v_0 \cos \theta$, maka persamaan gerak arah horizontal dan kecepatan sesaatnya adalah $x - x_0 = (v_0 \cos \theta)t$

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta \dots\dots\dots (12)$$

Sedangkan komponen gerak arah vertikal dari gerak proyektil merupakan gerak jatuh bebas (perhatikan Gambar 2.5). Gerak ini hanya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi (g), yang besarnya konstan untuk jangkauan jarak tertentu. Dengan demikian, arah gerak vertikal adalah gerak lurus berubah beraturan dengan percepatan \vec{a} diganti dengan nilai gravitasi ($-g$) (tanda $-$ menunjukkan arah percepatan ke bawah (ke pusat bumi)). Dapat dituliskan sebagai:

$$y - y_0 = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y - y_0 = (v_0 \sin \theta) t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$v_y = v_0 \sin \theta - gt \dots\dots\dots (13)$$

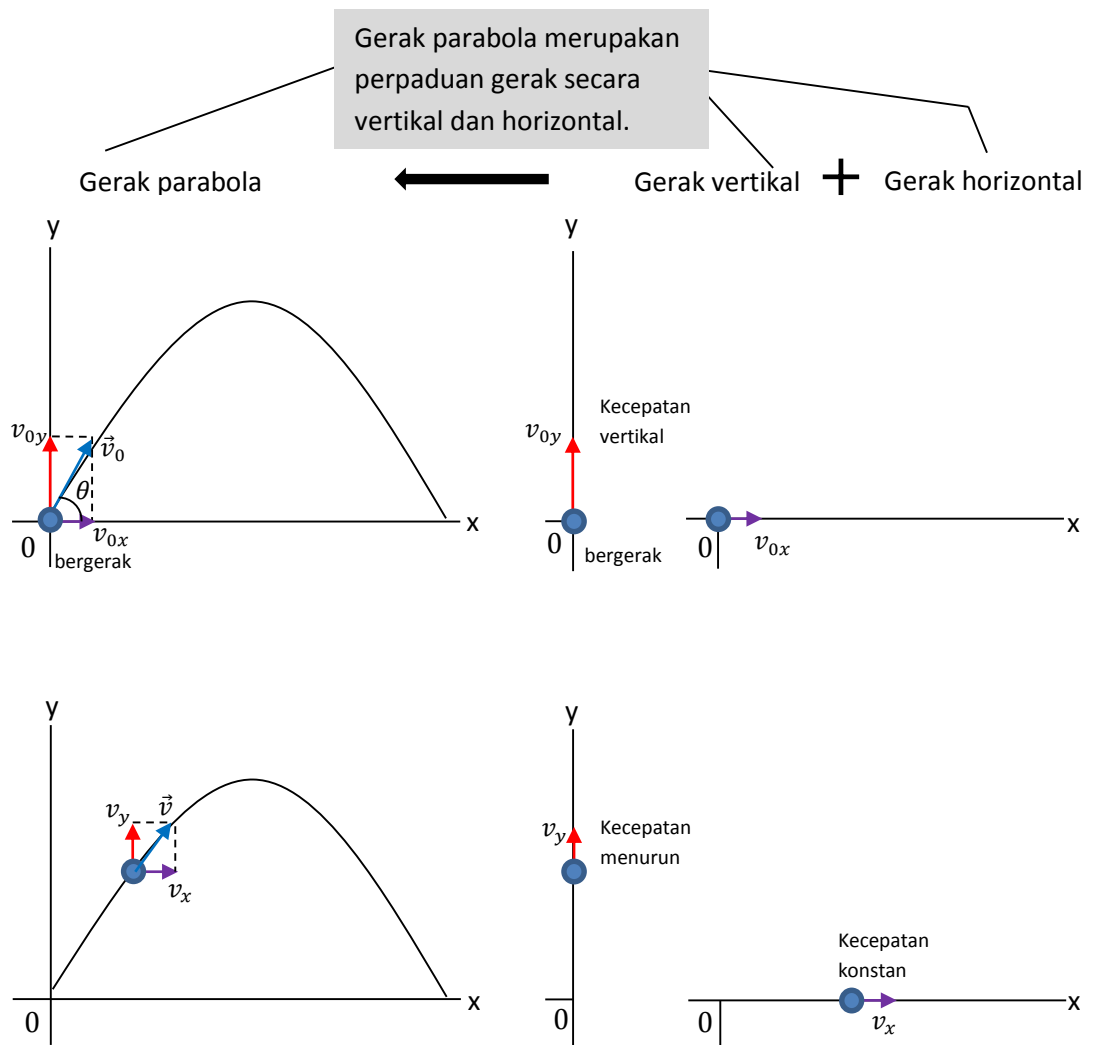
Di mana y_0 adalah posisi awal pada saat $t = 0$

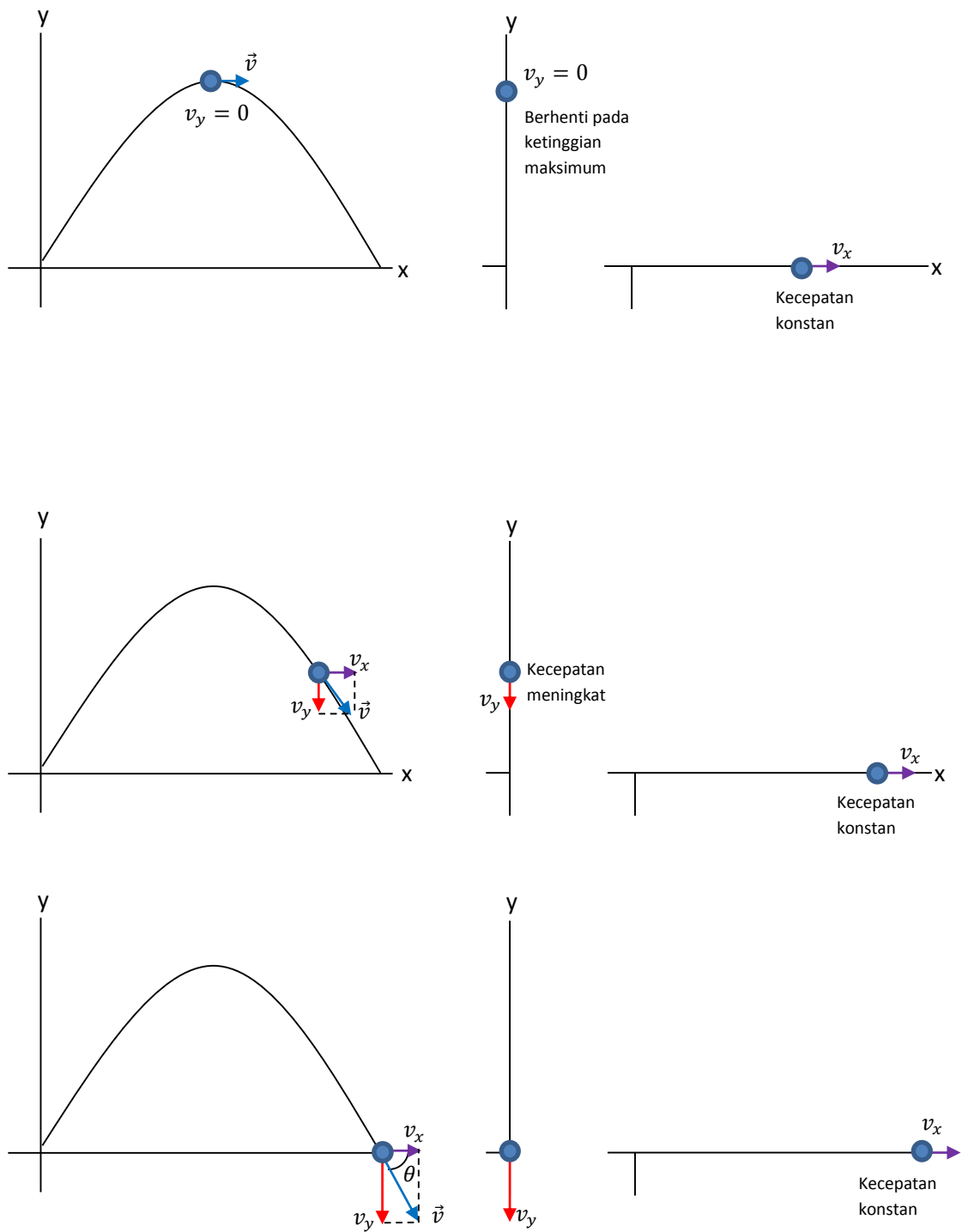
Persamaan menunjukkan bahwa gerak arah vertikal sama dengan gerak benda yang ditembakkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal $v_{0y} = v_0 \sin \theta$.

Pada saat proyektil mencapai titik tertinggi, kecepatan sesaat arah vertikal nol.

Kondisi ini dapat dijelaskan bahwa titik tertinggi merupakan titik balik yaitu

gerak proyektil membalik arah dan besarnya kecepatan menjadi semakin besar pada saat proyektil bergerak semakin ke bawah. Pada arah sumbu Y (vertikal), v_{0y} akan dipengaruhi percepatan gravitasi yang arahnya ke bawah dan besarnya $g = 10 \text{ m/s}^2$. Sehingga pada arah ini terjadi gerak lurus berubah beraturan (GLBB) diperlambat. Dari penjelasan di atas kalian tentu sudah bisa menyimpulkan bahwa gerak parabola terjadi karena *perpaduan gerak* GLB dan GLBB yang saling tegak lurus. Perpaduan tersebut dapat digambarkan seperti ilustrasi dibawah ini!





Gambar 2.6 Perpaduan gerak pada sumbu x (horizontal) dan sumbu y (vertikal)

Persamaan lintasan dari gerak proyektil adalah persamaan yang

menunjukkan hubungan antara simpangan horizontal $x(t)$ dengan simpangan

vertikal $y(t)$ dapat diturunkan dengan cara mengeliminasi t dari persamaan 12 dan persamaan 13 dengan kondisi awal $x_0 = y_0 = 0$, maka:

$$\begin{aligned}y &= v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \\y &= v_0 \sin \theta t - \frac{1}{2}gt^2 \\x &= v_0 \cos \theta t \\t &= \frac{x}{v_0 \cos \theta}\end{aligned}$$

$$y = (\tan \theta)x - \frac{g}{2(v_0 \cos \theta)^2}x^2 \dots\dots\dots (14)$$

Persamaan di atas menunjukkan bentuk lintasan gerak proyektil berbentuk parabola, di mana nilai g , θ dan v_0 adalah konstan, sehingga secara umum dapat ditulis dalam bentuk persamaan, $y = ax + bx^2$ dimana a dan b adalah konstan.

Kecepatan sesaat proyektil pada saat t dapat dituliskan sebagai:

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} = v_0 \cos \theta \hat{i} + (v_0 \sin \theta - gt) \hat{j} \dots\dots\dots (15)$$

Sedangkan besar kelajuan proyektil pada setiap saat adalah besarnya kecepatan sesaat yaitu:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(v_0 \cos \theta)^2 + (v_0 \sin \theta - gt)^2}$$

Arah kecepatan sesaat ditentukan oleh $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$ dimana θ adalah sudut antara vektor kecepatan \vec{v} dengan arah mendatar dan kecepatan sesaat peluru besarnya sama dengan slope garis singgung pada titik tertentu pada saat t .

Jarak mendatar jangkauan R yang ditempuh oleh proyektil pada saat proyektil jatuh kembali ke tanah dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan

dimana $x - x_0 = R$ yang diperoleh dengan menggunakan harga t dari persamaan di mana $y - y_0 = 0$ sehingga:

$$R = (v_0 \cos \theta)t \text{ dan, } 0 = (v_0 \sin \theta)t - \frac{1}{2}gt^2$$

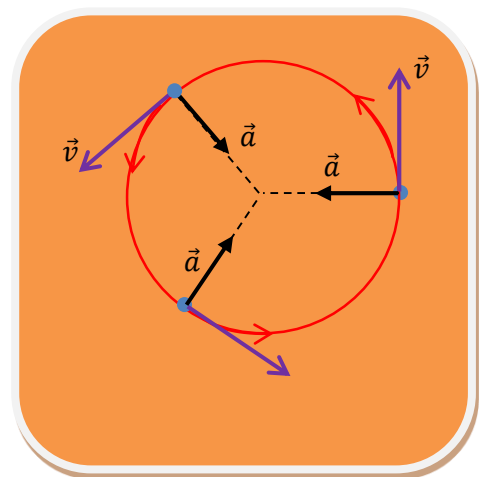
Mengeleminasi nilai t dari kedua persamaan didapatkan:

$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta \quad \dots\dots\dots (16)$$

Dari persamaan di atas dapat ditunjukkan bahwa jarak jangkauan terjauh proyektil tercapai jika sudut $\theta = 45^\circ$. Jarak tertinggi yang dapat dicapai proyektil dapat ditentukan dari kondisi bahwa di titik tertinggi kecepatan sesaat arah vertikal nol, maka: $v_y = v_0 \sin \theta - gt = 0$, sehingga diperoleh $t = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$, yaitu waktu yang diperlukan oleh peluru untuk bergerak dari tempat yang ditembakkan sampai titik tertinggi. Dari kondisi ini diperoleh bahwa jarak tertinggi yang dicapai peluru adalah $y_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$.

3. Gerak Melingkar

Benda mengalami gerak melingkar beraturan jika benda tersebut melakukan gerak dengan lintasan berbentuk lingkaran dan kelajuan konstan. Walaupun kelajuannya konstan namun benda dipercepat karena arah kecepatan selalu berubah, yang merupakan garis singgung pada titik-titik di sepanjang lingkaran. Walaupun yang mengalami perubahan hanya arah kecepatan, namun benda tersebut tetap mengalami percepatan.



Kondisi ini adalah hal menarik pada gerak melingkar beraturan. Pada gambar di atas ditunjukkan bahwa vektor kecepatan sesaat selalu merupakan garis singgung pada sebuah titik di lingkaran dan percepatannya selalu tegak lurus pada vektor kecepatan sesaatnya. Kedua vektor mempunyai besaran yang konstan dan mempunyai arah yang berubah-ubah.

Percepatan selalu terarah ke pusat secara radial, maka disebut percepatan sentripetal. Untuk menentukan besar dan arah percepatan pada gerak melingkar beraturan, kita perhatikan gambar. Sebuah benda bermassa m melakukan gerak melingkar dengan jari-jari r dan dengan kelajuan konstan. Pada sistem koordinat kartesian maka posisi benda yang berada di titik P bisa diuarikan ke sumbu $x(x_p)$ dan sumbu $y(y_p)$.

Komponen skalar kecepatannya adalah:

$$\vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} = (-v \sin \theta) \hat{i} + (v \cos \theta) \hat{j} \dots\dots\dots (17)$$

Bahwa $\sin \theta = y_p/r$ dan $\cos \theta = x_p/r$, sehingga persamaan dapat dituliskan kembali menjadi

$$\vec{v} = \left(-v \frac{y_p}{r}\right) \hat{i} + \left(v \frac{x_p}{r}\right) \hat{j} \dots\dots\dots (18)$$

Bila persamaan 18 dideferensialkan terhadap fungsi waktu maka didapatkan

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a} = \left(-v \frac{dy_p}{r dt}\right) \hat{i} + \left(v \frac{dx_p}{r dt}\right) \hat{j} \dots\dots\dots (19)$$

Persamaan 19 dapat ditulis kembali dalam bentuk persamaan

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a} = \left(-\frac{v}{r} v_y\right) \hat{i} + \left(\frac{v}{r} v_x\right) \hat{j} \dots\dots\dots (20)$$

Dimana $v_y = \frac{dy_p}{dt}$, $v_x = \frac{dx_p}{dt}$

Substitusi persamaan 17 ke persamaan 20 dan didapatkan :

$$\vec{a} = \left(-\frac{v^2}{r} \cos \theta\right) \hat{i} + \left(-\frac{v^2}{r} \sin \theta\right) \hat{j}$$

Dari persamaan didapatkan besarnya percepatan sentripetal sebagai:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{\left(-\frac{v^2}{r} \cos \theta\right)^2 + \left(-\frac{v^2}{r} \sin \theta\right)^2} = \frac{v^2}{r} \sqrt{\cos^2 \theta + \sin^2 \theta}$$

$$a = \frac{v^2}{r} \dots\dots\dots (21)$$

Untuk mengetahui arah percepatan \vec{a} , berdasarkan gambar didapatkan

$$\tan \phi = \frac{\left[-\frac{v^2}{r}\right] \sin \theta}{\left[-\frac{v^2}{r}\right] \cos \theta} = \tan \theta \dots\dots\dots (22)$$

Persamaan menunjukkan bahwa $\phi = \theta$ yang berarti percepatan sentripetal searah dengan r dan selalu menuju pusat lingkaran.