

## BAB II

### KAJIAN TEORI, KERANGKA BERPIKIR DAN MODEL HIPOTETIK

#### A. Kajian Teori

Model yang dikembangkan peneliti dikaji berdasarkan teori-teori yang sudah ada dan pemanfaatannya dalam proses belajar mengajar juga mendasarkan pada teori. Teori-teori yang ada dimanfaatkan secara maksimal sebagai landasan untuk menghasilkan sebuah model yang dikembangkan. Teori yang dipakai dapat diuraikan sebagai berikut.

##### 1. Hakikat Pembelajaran Fisika

###### a. Pengertian Pembelajaran Fisika

Manfaat sains yang begitu luas dalam aspek kehidupan manusia menjadikannya sebagai suatu objek kajian ilmu yang terus digali dan dipelajari. Salah satunya adalah melalui pembelajaran di sekolah. Pembelajaran merupakan proses komunikasi yang terjadi dua arah, antara guru dan peserta didik maupun antar peserta didik, dengan menggunakan teori pendidikan dan belajar (Sagala, 2011). Pembelajaran fisika sebagai salah satu subjek sains dipandang sangat berpotensi dalam mengembangkan keterampilan berpikir peserta didik dalam belajar.

Pelaksanaan pembelajaran fisika di kelas tidak terlepas dari beberapa permasalahan. Menurut Suparno (2009) beberapa permasalahan tersebut antara lain materi fisika dianggap sulit oleh peserta didik karena banyak persamaan matematis dan guru fisika masih mengajarkan miskonsepsi. Kesulitan peserta didik dalam membaca grafik/diagram, menentukan variabel bebas dan terikat juga menjadi temuan (Fatmaryanti, *et.al.*, 2015; 2016; Ivanjek, *et.al.*, 2016 ). Beberapa penelitian lain juga mengungkapkan bahwa penggunaan bahasa simbolik dalam fisika juga menjadi penyebab kesulitan belajar peserta didik (Lozano & Cardenas, 2002).

Ada 5 tujuan Pembelajaran fisika dalam kurikulum pendidikan di Indonesia (Depdiknas, 2006) seperti disajikan pada Gambar 2.1.

1. Membentuk sikap positif terhadap fisika dan menyadari keteraturan dan keindahan alam serta mengagungkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa
2. Memupuk sikap ilmiah yaitu jujur, obyektif, terbuka, ulet, kritis dan dapat bekerjasama dengan orang lain
3. Mengembangkan pengalaman untuk dapat merumuskan masalah, mengajukan, dan menguji hipotesis melalui percobaan, merancang dan merakit instrumen percobaan, mengumpulkan, mengolah, dan menafsirkan data, serta mengkomunikasikan hasil percobaan secara lisan dan tertulis
4. Mengembangkan kemampuan bernalar dalam berpikir analisis induktif dan deduktif dengan menggunakan konsep dan prinsip fisika untuk menjelaskan berbagai peristiwa alam dan menyelesaikan masalah baik secara kualitatif maupun kuantitatif
5. Menguasai konsep dan prinsip fisika serta mempunyai keterampilan mengembangkan pengetahuan, dan sikap percaya diri sebagai bekal untuk melanjutkan pendidikan yang lebih tinggi serta mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi

*Gambar 2.1 Tujuan Pembelajaran Fisika dalam kurikulum*

Pembelajaran fisika ditujukan untuk melatih peserta didik dalam mengembangkan kemampuan pengamatan, melakukan eksperimen serta berpikir taat asas. Kemampuan-kemampuan tersebut ditekankan pada pelatihan daya pikir dan bernalar secara eksperimental. Proses tersebut dapat digali dari lingkungan alam sekitar peserta didik maupun di laboratorium melalui percobaan dan penggunaan alat-alat praktikum didalamnya, sehingga perolehan pengalaman belajar menjadi bagian integral dalam kegiatan belajar peserta didik.

Pengalaman belajar yang diberikan kepada peserta didik dapat memberikan jalan bagi pemahaman dalam proses menyerap informasi pembelajaran. Langkah awal dan mendasar dalam mempelajari fisika adalah memahami konsep-konsep untuk kemudian dapat menghubungkan antar konsep. Oleh sebab itu unsur pemahaman di dalam pembelajaran fisika lebih dominan dibandingkan unsur hafalan.

#### **b. Komponen-Komponen Pembelajaran**

Pembelajaran merupakan suatu sistem, artinya semua komponen-komponen yang menyusun saling berinteraksi dan berkaitan untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Komponen-komponen pembelajaran

terdiri dari peserta didik, sarana prasarana, kurikulum, media, sumber belajar, pendidik, alat evaluasi, *environmental input* (lingkungan fisik, sosial dan psikologis), objektif (*output dan outcomes*), dan dalam implementasinya pada tiap komponen terjadi umpan balik (Sujarwo, 2012).

Pembelajaran merupakan suatu sistem kesatuan yang terorganisir untuk mencapai tujuan pembelajaran. Ketujuh komponen tersebut saling mempengaruhi (interelasi) dan saling ketergantungan (interdependensi), sehingga pembelajaran tidak dapat lepas dari keterkaitan tujuh komponen tersebut untuk mencapai tujuan pembelajaran.

## 2. Teori-Teori Pembelajaran

Pengembangan model pembelajaran GIMuR dilandasi dari beberapa teori belajar. Teori-teori tersebut berperan sebagai pondasi membangun pola pikir yang sistematis di dalam pembelajaran. Jika belajar didefinisikan sebagai proses untuk mengubah tingkah laku, maka teori belajar dimaknai sebagai proses mencari jawaban atau menganalisis pertanyaan yang muncul. Pertanyaan tersebut lebih kepada sebab-sebab terjadinya perubahan-perubahan itu dan bukan menganalisis bagaimana perubahan itu (Sagala, 2011).

Secara garis besar model pembelajaran GIMuR merupakan model pembelajaran yang disusun dengan berlandaskan pada teori belajar kognitif, teori konstruktivisme dan teori pengkodean ganda (*dual coding theory*). Pertama adalah teori belajar kognitif. Teori ini didasarkan pada teori perkembangan dari Piaget, dimana perkembangan kognitif anak dibedakan menjadi 4 periode yaitu 1) periode sensorimotorik, pada periode ini perkembangan skema lebih terpusat pada sensorimotorik, sedang skema verbal dan kognitif masih sangat terbatas. Usia anak pada periode sensorimotorik adalah 0 – 18 bulan. 2) Periode operasional awal skema yang berkembang pada periode ini belum stabil dan masih bersifat egosentris. Usia anak pada periode ini adalah 18 bulan – 7 tahun. 3) periode operasional konkrit, pada periode ini perkembangan lebih pada kemampuan kognitif, sedang anak yang masuk periode ini adalah 7 – 14 tahun. 4) Periode operasional formal, pada periode ini anak telah dapat melakukan kegiatan dengan

berpikir abstrak, berpikir logis, matematis, dan bahkan mampu berpikir untuk mengimplementasikan suatu teori kepada hal-hal yang belum terjadi. Usia anak pada periode ini adalah di atas 12 tahun. Menurut Piaget, hasil belajar akan lebih maksimal apabila dalam penerapannya menyesuaikan dengan tahap perkembangan kognitif tersebut (Trianto, 2009).

Berdasarkan pendapat tersebut, pembelajaran hendaknya dilakukan dengan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk melakukan eksperimen dan berinteraksi dengan teman sebaya. Selama proses pembelajaran tersebut guru pun juga memberikan stimulus kepada peserta didik agar aktif dalam berinteraksi dengan lingkungan, mencari dan menemukan berbagai hal dari lingkungan (Solso, *et. al.*, 2008). Pada penelitian ini diasumsikan peserta didik SMA sudah masuk pada periode operasi formal sehingga pembelajaran harus lebih memberikan tantangan untuk berpikir logis sekaligus abstrak misalkan dengan model pembelajaran inkuiri.

Kedua adalah teori belajar konstruktivis. Menurut Piaget, pengetahuan menjadi bermakna ketika peserta didik mampu mencari dan menemukannya sendiri. Sejak kecil, pengetahuan yang ada pada diri seseorang selalu berkembang melalui melalui skema yang ada dalam struktur kognitifnya (Solso, *et. al.*, 2008). Pembaharuan skema itu terjadi secara terus menerus dan berubah melalui proses yang disebut asimilasi dan akomodasi. Berdasarkan pengertian tersebut maka tugas guru adalah mendesain pembelajaran agar terjadi proses asimilasi dan akomodasi pada peserta didik sehingga dapat mengembangkan skema dalam struktur kognitifnya.

Menurut Liliarsari (2007), pembelajaran fisika diarahkan agar peserta didik mampu mencari tahu dan melakukan penyelidikan sehingga memperoleh pemahaman tentang alam sekitar. Untuk itu pembelajaran fisika tidak bisa lepas dari proses sosial dan personal. Proses sosial dalam belajar fisika meliputi penguasaan konsep, bahasa, representasi, praktik dan penerapannya (Maries, 2013). Menurut Vygotsky ada dua konsep penting dalam konstruktivis sosial yaitu *Zone of Proximal Development* (ZPD) dan *scaffolding*. ZPD dapat didefinisikan sebagai kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah secara mandiri.

Tingkat perkembangan potensial dimaknai sebagai kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah dengan bimbingan guru atau dengan teman yang lebih mampu. *Scaffolding* dapat diartikan sebagai bentuk bimbingan yang diberikan kepada peserta didik. Di mana pada tahap-tahap awal pembelajaran dilakukan secara intensif dan kemudian bimbingan dikurangi secara bertahap. Tujuan dari proses ini adalah untuk memberikan kesempatan bagi peserta didik mengambil alih tanggung jawab yang semakin besar setelah peserta didik dapat melakukannya (Slavin, 2009).

*Scaffolding* diberikan kepada peserta didik dengan tujuan untuk melatih belajar memecahkan permasalahan. Guru dapat memberikan bimbingan atau bantuan yang berupa petunjuk dalam menemukan atau memahami konsep, dorongan untuk tidak berputus asa dalam melakukan penyelidikan, peringatan menguraikan masalah ke dalam langkah-langkah pemecahan, memberikan contoh, dan lainnya. Tujuan akhir dari semua bimbingan yang diberikan adalah agar peserta didik mampu belajar mandiri (Maries, 2013). Pada model pembelajaran ini inkuiri yang diterapkan adalah *guided inquiry* (inkuiri terbimbing), sehingga teori tentang ZPD dan *scaffolding* sesuai dengan pengembangan model pembelajaran GIMuR.

Teori ketiga adalah teori pengkodean ganda yang merupakan teori tentang kognisi dan pikiran. Menurut teori ini, ketika seseorang menerima informasi, maka informasi tersebut akan diproses melalui salah satu dari dua *channel*. Kedua *channel* tersebut adalah *channel* verbal (teks dan suara) dan *channel* visual (diagram, gambar dan animasi) (Solso, *et.al.*, 2008). Dalam teori pengkodean ganda, tidak ada *channel* pemrosesan informasi yang lebih dominan dari keduanya. Namun penelitian Carlson, *et al.* (2003) membuktikan bahwa melalui diagram peserta didik dapat membuat hubungan antar elemen satu. Sehingga ditemukan bahwa prestasi dari kelompok peserta didik dengan diagram lebih tinggi dibandingkan dengan dengan teks.

Ketika seseorang memproses informasi baru berarti sedang belajar dengan menghubungkan pengetahuan yang diperoleh dengan pengetahuan sebelumnya (*prior knowledge*). Proses ini sesuai dengan teori pengkodean ganda bahwa



Penggunaan media belajar yang memadukan antara channel verbal dan nonverbal akan membantu seseorang lebih baik dalam belajar (Najjar, 1996). Teori ini sangat mendukung pengembangan pembelajaran fisika yang menggunakan multi representasi (verbal, matematik dan gambar).

### **3. Model Pembelajaran Inkuiri**

#### **a. Pengertian Pembelajaran Inkuiri**

Inkuiri dapat didefinisikan sebagai proses untuk mendiagnosis masalah, mengkritisi percobaan, dan membedakan alternatif, perencanaan investigasi, meneliti dugaan, mencari informasi, membangun model, berdebat dengan teman sebaya, dan membentuk argumen yang koheren (Vlassi & Karaliota, 2013). Inkuiri merupakan salah satu model pembelajaran yang dikembangkan untuk tujuan mengajarkan cara berpikir kepada peserta didik (Arends, 2013). Hal ini karena di dalam inkuiri juga memerlukan proses mengidentifikasi asumsi, menggunakan berpikir kritis dan logis, dan mempertimbangkan penjelasan alternatif (NRC, 2000; Husain,*et.al.*, 2011). Beberapa definisi ini sejalan dengan tujuan penelitian yaitu meningkatkan keterampilan berpikir dalam bentuk kemampuan generik sains.

Model inkuiri dapat bervariasi dengan tingkat kemandirian belajar peserta didik dan jumlah arahan guru atau materi yang diberikan kepada peserta didik (Hanson, 2012). Dalam penelitian ini peneliti memfokuskan pada model *guided inquiry*, dimana guru memberikan materi dan masalah untuk menyelidiki, serta menyediakan peserta didik dengan dukungan pembelajaran tambahan bila diperlukan. Pemilihan *guided inquiry* juga telah diawali dengan hasil observasi awal tentang karakteristik kemandirian belajar peserta didik dan kesiapan guru SMA se-kabupaten Purworejo dalam pembelajaran inkuiri (Fatmaryanti *et al.*, 2015). Meskipun model ini dapat digunakan untuk setiap subjek ilmu terkait (Kuhlthau *et al.*, 2007), penelitian ini difokuskan pada materi kemagnetan di kelas XII Sekolah Menengah Atas.

### **b. Ruang lingkup pembelajaran *guided inquiry***

Model inkuiri sangat tepat jika diterapkan sebagai model pembelajaran fisika. Hal ini dapat dipahami karena pada model inkuiri peserta didik terlibat aktif dalam proses penyelidikan. Melalui keterlibatan ini peserta didik akan mendapatkan pemahaman konsep yang lebih baik dan tertarik terhadap fisika (Rustaman, 2005). Menurut Wenning (2011), proses penyelidikan atau investigasi inilah menjadi tulang punggung dalam pembelajaran inkuiri. Fungsi dari investigasi adalah agar peserta didik dapat fokus memahami konsep-konsep fisika dan meningkatkan keterampilan proses berpikir ilmiah. Sehingga pada akhirnya pemahaman konsep yang diperoleh peserta didik merupakan hasil dari proses berpikir ilmiah tersebut.

Berdasarkan tingkat kesederhanaan kegiatan peserta didik dalam proses inkuiri Bonnstetter (Ibrahim, 2007) mengelompokkan inkuiri menjadi lima tingkat yaitu praktikum (*tradisional hands-on*), pengalaman sains terstruktur (*structured science experiences*), inkuiri terbimbing (*guided inquiry*), inkuiri peserta didik mandiri (*student directed inquiry*), dan penelitian peserta didik (*student research*). Herron (1971), membagi *inquiry* ke dalam empat tingkatan, yaitu *Confirmation/Verification*, *Structured Inquiry*, *Guided Inquiry*, dan *Open Inquiry*.

Berdasarkan besarnya intervensi guru terhadap peserta didik atau besarnya bimbingan yang diberikan guru kepada peserta didiknya, model pembelajaran inkuiri terbagi menjadi tiga jenis yaitu inkuiri terbimbing, inkuiri bebas dan inkuiri bebas yang dimodifikasi (Suparno, 2009).

#### **1) Inkuiri Terbimbing**

Pada inkuiri jenis ini peranan guru adalah membimbing dalam menentukan permasalahan dan tahap-tahap pemecahannya. Peserta didik memahami konsep-konsep melalui bimbingan dan petunjuk dari guru. Kemandirian peserta didik adalah pada proses penyelesaian tugas-tugas, memecahkan masalah dan menarik kesimpulan melalui diskusi kelompok maupun secara individual.

Beberapa bentuk bimbingan guru dalam pelaksanaan model ini yaitu 1) menggiring peserta didik melalui pertanyaan-pertanyaan dan diskusi multi arah, 2) menggunakan bahan ajar berupa lembar kerja yang terstruktur atau modul pembelajaran. Bentuk bimbingan seperti ini yang sesuai dengan teori konstruktivis sosial yaitu teknik *scaffolding* dalam pembelajaran (Kuhlthau, *et al.*, 2007).

## 2) Inkuiri Bebas

Model inkuiri bebas ini telah dapat menempatkan posisi peserta didik seperti seorang ilmuwan. Peserta didik memiliki kebebasan menentukan, menemukan, menyelesaikan masalah sampai pada merancang langkah-langkah secara mandiri. Bimbingan guru sangat sedikit atau tidak ada sama sekali.

Beberapa keuntungan model ini adalah adanya kemungkinan peserta didik dapat mengkonstruksi jawabannya sendiri dan menemukan solusi yang baru dari masalah yang diselidiki. Namun model ini akan sulit diterapkan pada kondisi dimana peserta didik belum pernah melakukan inkuiri sebelumnya.

## 3) Inkuiri bebas yang dimodifikasi

Model inkuiri ini merupakan gabungan dari inkuiri terbimbing dan inkuiri bebas. Pada model ini peserta didik tidak menentukan masalah untuk sendiri, masalah diberikan oleh guru dan tetap memperoleh bimbingan selama proses pemecahannya. Bimbingan yang diberikan oleh guru lebih sedikit dibandingkan inkuiri terbimbing (Ibrahim, 2010).

Ketika peserta didik yang tidak dapat menyelesaikan permasalahannya, maka guru dapat memberikan bimbingan secara tidak langsung. Bimbingan berupa memberikan contoh-contoh yang relevan dengan permasalahan yang dihadapi, atau melalui diskusi dengan peserta didik dalam kelompok lain.



Pada penelitian ini peneliti mengembangkan model pembelajaran inkuiri terbimbing. Pemilihan ini penulis lakukan dengan pertimbangan bahwa penelitian dilakukan kepada peserta didik kelas XII SMA, dimana pada usia ini tingkat perkembangan kognitif peserta didik masih pada tahap peralihan operasional konkrit ke formal. Pertimbangan lain adalah pembelajaran fisika masih jarang menggunakan model ini sehingga peserta didik masih belum berpengalaman belajar dengan model inkuiri dan masih dalam taraf belajar proses ilmiah (Suparno, 2009).

Kuhlthau, *et.al* (2007) memaknai *guided inquiry* sebagai sebuah cara guru membimbing peserta didik. Pembimbingan dilakukan dengan perencanaan dan pengawasan yang baik. Tujuannya adalah untuk membekali dan mengarahkan peserta didik menuju pembelajaran yang mandiri.

### c. Kelebihan dan Kelemahan Pembelajaran Inkuiri

Menurut Sanjaya (2014) beberapa kelebihan pembelajaran model inkuiri adalah sebagai berikut.

- 1) Mampu memberikan pembelajaran yang lebih bermakna
- 2) Mengembangkan secara seimbang aspek kognitif, afektif, dan psikomotor
- 3) Memberikan ruang belajar sesuai dengan gaya belajar peserta didik.
- 4) Memberikan pengalaman belajar

Hal ini sejalan dengan beberapa hasil studi awal peneliti bahwa penggunaan model pembelajaran *guided inquiry* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan generik sains peserta didik (Fatmaryanti & Munawaroh, 2016), pemahaman konsep maupun aktivitas belajar peserta didik (Fatmaryanti & Aji, 2016).

Selain kelebihan model inkuiri juga memiliki beberapa kekurangan. Menurut Sanjaya (2014) kekurangan model inkuiri antara lain sebagai berikut.

- 1) Memerlukan waktu yang cukup lama ketika implementasi
- 2) Kebiasaan belajar yang hanya menghafal dan *teacher oriented* membuat model ini sulit diterapkan dalam merencanakan pembelajaran oleh karena terbentur dengan kebiasaan peserta didik dalam belajar.

- 3) Sulit mengontrol kegiatan dan keberhasilan peserta didik.
- 4) Selama kriteria keberhasilan belajar hanya ditentukan oleh kemampuan peserta didik menguasai materi pelajaran, maka model ini tampaknya akan sulit diimplementasikan.

Pendapat di atas mengenai perlunya waktu yang panjang dan sulitnya mengontrol kegiatan juga ditemukan dengan hasil penelitian awal peneliti (Fatmaryanti, *et.al.*, 2015). Selain ini implementasi di lapangan juga ditemukan bahwa pada tahap membuat hipotesis dan menyimpulkan hasil penyelidikan adalah tahap yang paling menyulitkan peserta didik.

Beberapa kondisi belajar yang dibutuhkan agar implementasi model inkuiri dapat dilaksanakan dengan baik adalah sebagai berikut (Hussain, *et.al.*, 2011; Sanjaya, 2014; Fatmaryanti, *et.al.*, 2015).

- 1) Suasana kelas didesain fleksibel agar interaksi belajar peserta didik bebas dari perasaan takut dan tekanan.
- 2) Suasana kelas yang dapat memancing semangat belajar.
- 3) Menciptakan situasi belajar yang kondusif dan responsif.
- 4) Pengaturan waktu yang akurat agar pelaksanaan inkuiri berjalan efektif
- 5) Peserta didik dapat berdiskusi dan saling bekerja agar terjadi saling membelajarkan di antara peserta didik dalam suasana kondusif.

#### **d. Langkah-langkah/Sintaks Pembelajaran *Guided inquiry***

Menurut Khulthau, *et.al* (2007) penerapan *guided inquiry* dalam sama dengan penerapan model inkuiri. Perbedaan hanya pada bentuk pembimbingan yang terstruktur Untuk itu tujuan utama *inquiry* dalam melatih peserta didik mengembangkan rasa ingin tahu dan menemukan sendiri jawaban tetap harus tercapai (Wenning, 2005; 2011). Perbandingan bentuk sintaks pembelajaran inkuiri dari pendapat beberapa ahli dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan beberapa sintaks model pembelajaran inkuiri

No	Sintaks	Model-model Pembelajaran Inkuiri					
		1	2	3	4	5	6
1	Aktivitas melakukan pertanyaan	-	+	-	-	-	-
2	Identifikasi masalah	+	+	+	+	+	+
3	Aktivitas pertanyaan untuk merumuskan masalah	+	+	+	+	+	+
4	Observasi	+	+	-	+	-	-
5	Merumuskan hipotesis	-	+	-	+	+	+
6	Menyiapkan alat dan bahan serta mengumpulkan data melalui eksperimen	+	+	+	+	+	+
7	Analisis data	+	+	+	+	+	+
8	Membuat kesimpulan	+	+	+	+	+	+
9	Mengkomunikasikan hasil	+	+	-	-	-	-

Keterangan: 1. National Research Council (NRC) (2000)

2. Philipson & Harwood (2004)

3. Joice & Weil (2004)

4. Wina Sanjaya (2008)

5. Eggan & Kauchak dalam Trianto (2009)

6. Kindsvastter, Wilen & Ishler dalam Suparno (2006)

- tidak ada

+ ada

Berdasarkan sintaks model pembelajaran inkuiri yang dikemukakan oleh Kindsvastter, Wilen, dan Ishler dalam Suparno (2006) dapat dikemukakan sebagai berikut:

### 1) Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap awal ini guru harus membuat suasana yang kondusif. Guru menjelaskan kepada peserta didik mengenai topik, tujuan, dan hasil belajar yang diharapkan serta pokok-pokok kegiatan yang harus dilakukan.

Pada tahap ini dijelaskan juga langkah-langkah ikuri dan pentingnya topik yang akan dipelajari.

Setelah identiikasi, peserta didik diajak untuk merumuskan masalah melalui pemberian masalah yang mengandung teka-teki (Sanjaya, 2014). Pada tahap ini peserta didik dilatih untuk memprediksi dan menarik kesimpulan (Ibrahim, 2010). Masalah-masalah yang diberikan hendaknya adalah persoalan yang menantang peserta didik untuk memecahkan. Dalam pembelajaran inkuiri, proses pencarian jawaban itulah yang sangat penting karena peserta didik akan mendapatkan pengalaman melalui proses berpikir.

## **2) Merumuskan Hipotesis**

Hipotesis merupakan jawaban sementara dari suatu permasalahan yang masih perlu diuji kebenaran. Untuk melatih kemampuan berhipotesis dapat melalui pertanyaan yang memandu peserta didik merumuskan jawaban sementara dari suatu permasalahan (Sanjaya, 2014).

## **3) Mengumpulkan Data Melalui Eksperimen**

Pengumpulan data merupakan bagian yang sangat penting dalam pembelajaran inkuiri dalam rangka proses mental pengembangan intelektual. Proses pengumpulan data memerlukan ketekunan dan kemampuan peserta didik untuk menggunakan potensi berpikir yang dimiliki (Sanjaya, 2014).

Beberapa kegiatan yang dapat dilakukan pada tahap ini seperti mengumpulkan informasi yang relevan, melakukan telaah literatur, mengamati objek, melakukan wawancara dengan nara sumber, dan melakukan eksperimen (Musahir, 2003).

## **4) Menganalisis Data**

Menganalisis data yaitu peserta didik dalam kelompok masing-masing berdiskusi untuk menganalisis hasil eksperimen yang telah dilakukan. Agar lebih mudah dalam menganalisis data, maka data sebaiknya diorganisasikan, dikelompokkan, diatur sehingga mudah dibaca dan dianalisis dengan mudah. Sebaiknya data disusun atau dikelompokkan menurut a) yang

menguatkan hipotesis, b) yang melemahkan hipotesis, c) yang netral. Pada langkah ini guru perlu campur tangan karena dari data yang banyak peserta didik sering bingung untuk menentukan langkah-langkah selanjutnya.

## 5) Mengambil Kesimpulan

Tahapan akhir dalam inkuiri adalah merumuskan kesimpulan. Pada tahapan ini peserta didik mendeskripsikan temuan yang diperoleh yang didasarkan pada hasil pengujian hipotesis. Guru hendaknya juga mampu menunjukan pada peserta didik data yang relevan agar memperoleh kesimpulan yang akurat (Sanjaya, 2014).

Model inkuiri yang akan digunakan pada penelitian ini adalah jenis inkuiri terbimbing (*Guided Inquiry*). *Guided inquiry* memiliki landasan teori yang kuat yang didasarkan pada teori belajar konstruktivistik (Kuhlthau, *et al.*, 2007; Vlassi dan Karaliota, 2013). Proses inkuiri membutuhkan abstraksi yang cukup besar sehingga ada kebutuhan untuk mengakomodasi tugas-tugas inkuiri sesuai tingkat perkembangan kognitif anak. Pada peserta didik SMA proses pembelajaran dapat dilaksanakan melalui inkuiri yaitu dengan membangun pengetahuan dan strategi yang diperoleh dari SD dan SMP. Kapasitas peserta didik SMA untuk abstraksi dan kemandirian meningkat. Melalui *guided inquiry* peserta didik dipandu secara bertahap melepaskan tanggung jawab dalam persiapan untuk belajar, hidup, dan bekerja dalam masyarakat. Sejalan dengan hal tersebut maka penerapan model *guided inquiry* pada peserta didik SMA dianggap sesuai dengan tujuan penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan melibatkan peserta didik pada kelas XII. Permasalahan yang muncul pada kelas XII adalah waktu yang sangat padat dan pembelajaran hanya difokuskan pada latihan soal menjelang ujian Nasional. Pada masa ini peserta didik dituntut pula untuk dapat belajar mandiri dan efektif. Penerapan model *guided inquiry* dalam pembelajaran memang memberikan masalah yaitu memerlukan waktu yang cukup lama dan guru akan mengalami kesulitan dalam mengelola kelas (Arends, 2013). Namun pada beberapa penelitian



telah memberikan beberapa pedoman dalam pelaksanaan model pembelajaran *guided inquiry* tersebut. Sebagai contoh, Chiappetta & Koballa (2010) menyatakan bahwa *guided inquiry* merupakan suatu model pembelajaran yang dalam pelaksanaannya peserta didik diberikan bimbingan yang direncanakan dengan menggunakan lembar kerja selama proses pembelajaran. Guru dapat memfasilitasi secara penuh ataupun sebagian kecil kepada peserta didik. Senada dengan pendapat tersebut, menurut Wenning (2005), pembelajaran dengan *guided inquiry lab* guru dapat memberikan bimbingan dalam bentuk panduan *inquiry lab* yang berbeda dengan *cookbook lab*. Bentuk fasilitas ataupun bimbingan guru pada peserta didik misalnya diberikannya lembar kerja, modul pembelajaran ataupun petunjuk-petunjuk lainnya dalam menemukan jawaban permasalahannya.

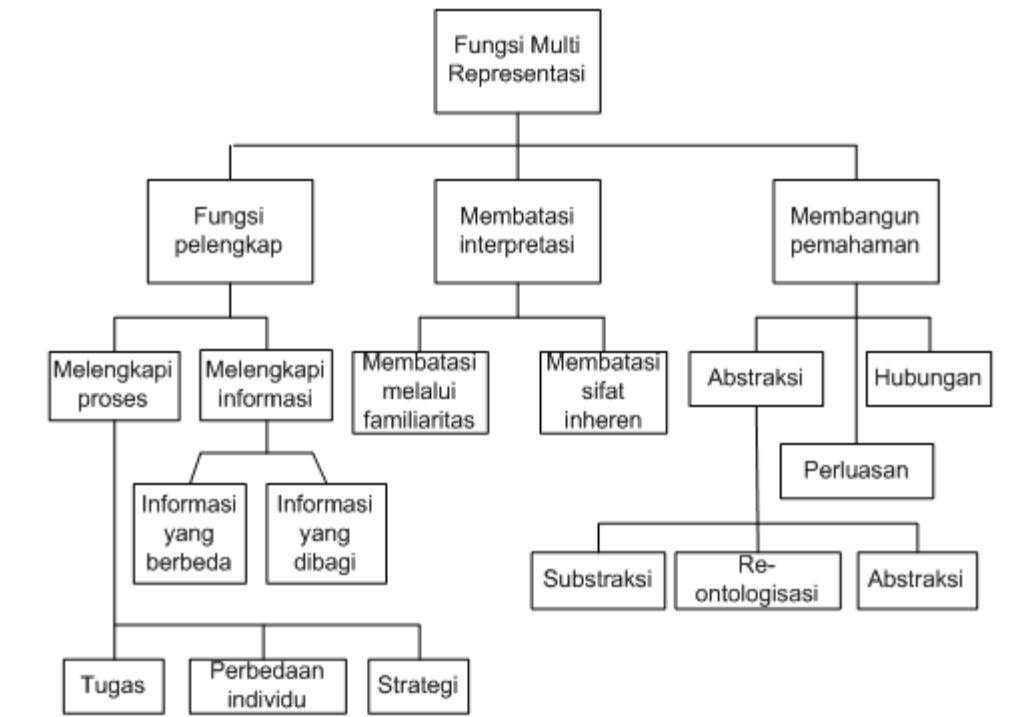
#### 4. Multi Representasi

Suatu objek atau proses dapat diwakili, digambarkan atau disimpulkan dengan sebuah representasi (Rosengrat, *et al.*, 2007). Ketika peserta didik dapat memahami konsep dan informasi yang diperoleh selama proses pembelajaran maka harapannya adalah peserta didik dapat merepresentasikan kembali. Waldrup, *et al.* (2006) mendefinisikan representasi dengan mempresentasi ulang konsep yang sama namun dengan cara yang berbeda seperti melalui verbal, gambar dan grafik.

Kemampuan peserta didik dalam merepresentasi konsep dengan berbagai cara yang berbeda adalah topik yang menarik dalam pendidikan sains dan matematika modern. Sebuah konsep atau masalah tertentu dapat diungkapkan dengan berbagai bentuk representasi (Kohl, *et al.*, 2007). Fisika sebagai ilmu yang mempelajari fenomena alam, membutuhkan kemampuan merepresentasikan yang berbeda-beda untuk memahami satu konsep atau tema yang sama. Kemampuan merepresentasikan proses fisika dalam beberapa representasi dapat membantu peserta didik menyelesaikan masalah-masalah fisika yang dianggap sulit. Oleh karena itu, penguasaan konten fisika secara benar dapat dilihat dari penguasaan

fisika secara multi representasi, yaitu dalam representasi verbal, matematik, gambar dan grafik (Heuvelen & Zou, 2001).

Ada 3 fungsi utama dari multi representasi yaitu sebagai pelengkap, pembatas interpretasi, dan pembentuk pengetahuan (Ainsworth, 1999). Ketiga fungsi memiliki makna yang lebih rinci seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2



Gambar 2.2 Skema Fungsi Multi Representasi (Ainsworth, 1999)

Fungsi multi representasi dapat sebagai pelengkap dalam proses berfikir kognitif peserta didik dalam mendapatkan konsep-konsep yang lebih sempurna. Selain itu dengan multi representasi juga dapat sebagai pembatas. Artinya dapat digunakan untuk membatasi kesalahan dalam menginterpretasikan sebuah konsep, prinsip, dan hukum-hukum fisika. Yang ketiga, multi representasi sebagai pembangun pemahaman. Artinya dapat digunakan untuk mendorong peserta didik membangun pemahaman terhadap situasi secara lebih mendalam.

Peran representasi dalam pembelajaran sangat penting bagi peserta didik dalam mempelajari konsep-konsep fisika. Menurut Yusup (2009), ada beberapa alasan pentingnya menggunakan multi representasi diantaranya adalah sebagai

visualisasi bagi otak, membantu mengkonstruksi representasi tipe lain dan memberikan kesempatan belajar yang optimal bagi setiap jenis kecerdasan peserta didik (*multiple intelligences*).

Banyak jenis representasi yang dapat digunakan dalam fisika. Ainsworth (2006) menyatakan jenis representasi tersebut antara lain sebagai berikut.

a. Deskripsi verbal

Verbal adalah satu cara yang tepat untuk digunakan dalam memberikan definisi dari suatu konsep.

b. Gambar/diagram

Representasi gambar atau diagram dapat memperjelas suatu konsep. Melalui gambar, konsep-konsep yang abstrak dapat divisualisasikan. Diagram sering digunakan untuk merepresentasikan sesuai konsep. Penggunaannya fisika antara lain pada diagram gerak, diagram bebas benda (*free body diagram*), diagram garis medan (*field line diagram*), diagram rangkaian listrik (*electrical circuit diagram*), diagram sinar (*ray diagram*), diagram muka gelombang (*wave front diagram*), dan diagram energi keadaan (*energy state diagram*).

c. Grafik

Grafik juga dapat merepresentasikan suatu konsep. Sebagai contoh grafik balok energi (*energy bar chart*) dan grafik balok momentum (*momentum bar chart*) adalah bentuk yang sering digunakan dalam merepresentasikan konsep-konsep fisika.

d. Matematis

Representasi matematis sangat dibutuhkan untuk penyelesaian persoalan-persoalan kuantitatif. Tetapi keberhasilan penggunaan representasi kuantitatif ini sangat dipengaruhi oleh penggunaan representasi kualitatif juga. Sebagai contoh adalah ketika peserta didik tidak dapat menjelaskan arti dari sebuah persamaan. Maka pada proses

tersebutlah terlihat bahwa peserta didik hanya sekedar menghapuskan persamaan dari matematisnya saja.

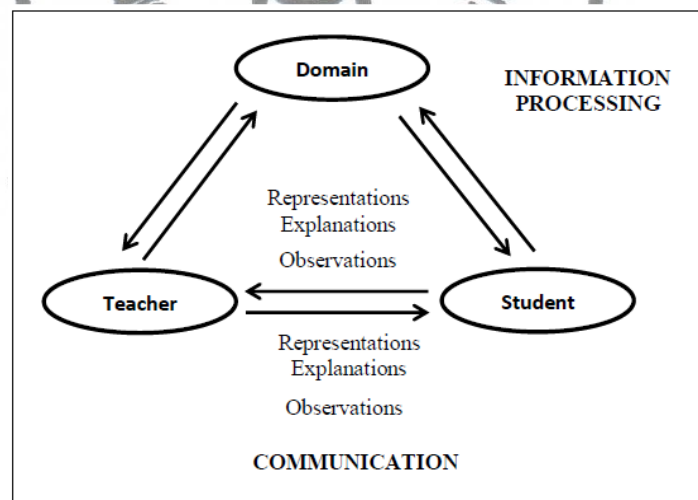
Menurut Maries (2013), peserta didik dapat meningkatkan kemampuan untuk mentransfer seluruh representasi karena mereka memecahkan lebih banyak masalah dalam representasi yang berbeda, dalam jangka waktu yang lama. Fisika merupakan bidang yang mempelajari tentang gejala-gejala alam yang dikaji secara matematis melalui berbagai simbol-simbol (Albe, *et.al*, 2001). Sebagai contoh dalam materi kemagnetan dengan sub materi medan magnet dan gaya magnet, konsep fisika banyak disajikan dalam bentuk gambar dan diagram. Sehingga kemampuan peserta didik dalam merepresentasikan secara visual sangat berpengaruh terhadap pemahaman konsep yang akhirnya juga mempengaruhi hasil belajar peserta didik. Sebagai contoh, peserta didik dapat menggambarkan garis gaya magnet untuk menguraikan gaya magnet pada suatu muatan yang bergerak pada arah tertentu dan dalam medan magnet dengan arah tertentu pula. Kemudian peserta didik dapat merumuskan persamaan untuk menyelesaikan permasalahan secara matematis.

Penerapan model pembelajaran berbasis multi representasi pada penelitian ini mengacu pada kerangka IFSO. Kerangka IFSO merupakan desain pembelajaran yang dapat mengembangkan pemahaman guru dalam memaksimalkan peluang representasional dan mengembangkan pemahaman konseptual peserta didik dalam ilmu pengetahuan sains (Waldrip, 2008). Langkah-langkah desain pembelajaran kerangka IFSO dapat menghubungkan multi representasi yang terfokus pada konsep utama dalam perencanaan pembelajaran suatu topik tertentu (I dan F) dan peran guru dan peserta didik dalam pembelajaran melalui pemilihan representasi selama topik tersebut dibelajarkan (S dan O).

Menurut Waldrip *et.al*, (2010) kerangka IFSO ini dapat diusulkan untuk membimbing interaksi guru dengan peserta didik yang konsisten, hal ini juga didukung oleh Roberts dalam Tytler, *et.al* (2013) yang mengusulkan gaya trilogi untuk memfokuskan peranan representasi dalam pembelajaran sains yang mengakui peran penting peserta didik, yaitu bagaimana pembelajaran dan gaya

belajar yang berbeda di setiap domain pengetahuan mata pelajaran untuk dapat mempengaruhi bagaimana dan mengapa representasi digunakan, dan kapasitas peserta didik untuk menjadi peserta aktif dalam proses pembelajaran.

Sebagaimana menurut Roberts (Tytler, *et al.*, 2013), representasi ini dinyatakan dalam suatu "triad" yang mengusulkan hubungan tiga arah timbal balik antara guru, peserta didik dan domain. Model ini, memandu peserta didik dengan perancah/*scaffolding* yang tepat, peserta didik didorong untuk menghasilkan representasi dalam menjelaskan pengamatan dan memprediksi hasil pemahamannya diwaktu berikutnya. Kemudian peserta didik dapat membandingkan dan mencocokkan representasinya dengan rekan-rekannya dan guru, atau semua yang dipresentasikan guru pada saat di kelas ilmu sains. Pada kondisi ini guru bertindak sebagai pelatih dan negosiator mengenai makna representasi dan memperbaiki representasi peserta didik melalui berbagai tugas representasional. Keterkaitan tiga arah ini dapat dilihat sebagaimana Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema Trilogi Representasi dalam Pemrosesan informasi  
(Tytler, *et al.*, 2013)

Panah dari guru ke peserta didik menunjukkan representasi konsep yang diterima peserta didik, sebagaimana dikomunikasikan oleh guru, sementara panah terbalik menunjukkan representasi domain yang berkembang dipikiran peserta didik sebelum dikomunikasikan oleh guru. Gaya trialogi ini menegaskan kebutuhan peserta didik untuk menghasilkan representasi dan membandingkan



hasil pemahamannya kepada rekan-rekannya sehingga pembelajaran menjadi bermakna.

Gaya ini memerlukan partisipasi aktif peserta didik dan tanggung jawab guru untuk dapat melatih peserta didiknya dalam mengembangkan representasinya mengenai bentuk, ketentuan dan interpretasi. Pada saat ketentuan dan interpretasi dibangun tidak ada lagi negosiasi, peserta didik harus yakin untuk mengenali apa yang mereka peroleh dan mampu melakukan prosedur dan temuan barunya.

Pembelajaran berbasis multi representasi yang dikembangkan pada penelitian ini didesain sedemikian rupa dengan memperhatikan langkah-langkah pembelajaran yang disusun Waldrup, *et.al.* (2010) dan Abdurrahman, *et.al.* (2010), dengan memperhatikan tiga faktor utama dalam pembelajaran yaitu domain (konten materi), pengajar (guru) dan pembelajar (peserta didik) dan mode representasi serta disesuaikan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 2007 tentang Standar Proses Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah bahwa dalam pelaksanaan pembelajaran meliputi kegiatan pendahuluan, kegiatan inti dan kegiatan penutup (BNSP, 2007: 14).

## 5. Kualitas Model Pembelajaran

Ada tiga kriteria dalam menentukan kualitas kurikulum dan termasuk juga model pembelajaran, yaitu validitas, kepraktisan, dan keefektifan (Nieveen, 1999). Ketiga kriteria itu disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Kualitas Material

1. <i>Validity</i> (Validitas)	2. <i>Practically</i> (Kepraktisan)	3. <i>Effectiveness</i> (Keefektifan)
Yang diharapkan (ideal dan formal)	Konsistensi di antara	Konsistensi diantara
a. <i>State of the art of knowledge</i> (Bagian dari seni pengetahuan)	a. <i>Intended</i> ↔ <i>Perceived</i> (Harapan ↔ Pertimbangan)	a. <i>Intended</i> ↔ <i>Experiential</i> (Harapan ↔ Pengalaman)
b. <i>Internally consistent</i> (Konsistensi secara Internal)	b. <i>Intended</i> ↔ <i>Operational</i> (Harapan ↔ Operasional)	b. <i>Intended</i> ↔ <i>Attained</i> (Harapan ↔ Pencapaian)

Pada penelitian ini tidak menggunakan seluruh kriteria kualitas model pembelajaran seperti pada Tabel 2.2. Kepraktisan dan keefektifan model pembelajaran diukur berdasarkan pada hasil analisis dari data di lapangan (yaitu, data hasil penerapan model pembelajaran GIMuR menggunakan perangkat pembelajaran di kelas).

#### a. Validitas (*Validity*) Model Pembelajaran

Validitas model pembelajaran dapat ditinjau dari 2 hal, yaitu validitas isi dan konstruk. Validitas isi (*content validity*) adalah ketepatan suatu alat ukur yang ditinjau dari *content* alat ukur tersebut. Suatu alat ukur dikatakan memenuhi validitas isi apabila *content* alat ukur tersebut representatif terhadap pembelajaran yang diberikan dan sesuai dengan apa yang telah diajarkan berdasarkan kurikulum. Validitas isi dapat dilakukan dengan menggunakan pendapat dari para pakar namun apabila cara tersebut sulit untuk dilakukan, maka dapat dilakukan dengan analisis rasional.

Validitas konstruk (*construct validity*) berhubungan dengan konstruksi atau konsep bidang ilmu yang akan diuji validitas alat ukurnya. Validitas konstruk merujuk pada kesesuaian antara hasil alat ukur dengan kemampuan yang ingin diukur. Pembuktian adanya validitas konstruk alat ukur sains pada dasarnya merupakan usaha untuk menunjukkan bahwa skor yang dihasilkan suatu alat ukur sains benar-benar mencerminkan konstruk yang sama dengan kemampuan yang dijadikan sasaran pengukurannya. Suatu alat ukur sains dikatakan memiliki validitas konstruk yang tinggi apabila hasil alat ukur sesuai dengan ciri-ciri tingkah laku yang diukur. Jika diuraikan akan tampak keselarasan rincian kemampuan dalam butir alat ukur dengan rincian kemampuan yang akan diukur. Validitas konstruk dapat dilakukan dengan mengidentifikasi dan memasang butir-butir soal dengan tujuan-tujuan tertentu yang dimaksudkan untuk mengungkap tingkatan aspek kognitif tertentu pula. Validitas konstruk ditentukan melalui penyusunan butir soal yang didasarkan pada kisi-kisi alat ukur.

### **b. Kepraktisan (*Practically*) Model Pembelajaran**

Kepraktisan model pembelajaran dapat ditinjau dari hasil pengamatan tingkat keterlaksanaan penerapan model di kelas. Ada 3 aspek keterlaksanaan penerapan model pembelajaran, yaitu adanya keterlaksanaan: (1) sintaks pembelajaran, (2) sistem sosial, dan (3) prinsip reaksi pengelolaan beserta sistem pendukung yang disediakan.

### **c. Keefektifan (*Effectiveness*) Model Pembelajaran**

Kemp (1994) mengatakan bahwa keefektifan berkaitan dengan ketercapaian tujuan pembelajaran yang telah ditentukan dan peserta didik terlibat aktif dalam pembelajaran. Leikin & Zaslavky (Ratumanan, 2006) mengidentifikasi adanya empat aktivitas aktif, yaitu menyelesaikan masalah secara mandiri, membuat catatan, memberikan penjelasan, dan mengajukan pertanyaan atau meminta bantuan, dan dua aktivitas pasif, yaitu mendengarkan penjelasan dan membaca materi pelajaran. Penentuan keefektifan model pembelajaran dilihat dari keefektifan penerapan model di lapangan (pelaksanaan pembelajaran di kelas) menggunakan perangkat pembelajaran yang dikembangkan (*intended* ↔ *attained* atau AI). Model pembelajaran dikatakan efektif, jika memenuhi indikator-indikator : (1) pencapaian ketuntasan belajar peserta didik secara klasikal; (2) pencapaian persentase waktu ideal aktivitas peserta didik dan guru; (3) pencapaian kemampuan guru mengelola pembelajaran; (4) aktivitas kemampuan berpikir kreatif, dan (5) peserta didik dan guru memberikan respon positif terhadap model pembelajaran GIMuR untuk meningkatkan kemampuan generik sains peserta didik.

## **6. Pengembangan Model Pembelajaran**

Pembelajaran pada hakekatnya merupakan proses komunikasi dua arah dalam rangka mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Komunikasi tersebut bersifat transaksional artinya semua pihak yang terkait dengan proses pembelajaran dapat menerima, memahami dan sepakat dengan komunikasi yang dilakukan sehingga terjadi pemahaman konsep, proses atau fungsi belajar bagi peserta didik (Huda, 2014).

Pada pembelajaran, model dapat diartikan sebagai rencana atau tahapan dalam mengajar dengan mengacu pada pola pembelajaran tertentu. Model pembelajaran sebenarnya adalah suatu cara membantu peserta didik memperoleh informasi, gagasan, skill, nilai, dan cara berpikir. Tujuan proses tersebut adalah agar dapat meningkatkan kemampuan peserta didik untuk dapat belajar lebih mudah dan lebih efektif (Joyce, *et al.*, 2009).

Model pembelajaran dapat diartikan sebagai perencanaan atau pola yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan pembelajaran. Definisi ini sesuai dengan pendapat Briggs (Suprijono, 2009) bahwa model merupakan serangkaian tahapan kegiatan yang berurutan dalam melaksanakan suatu proses.

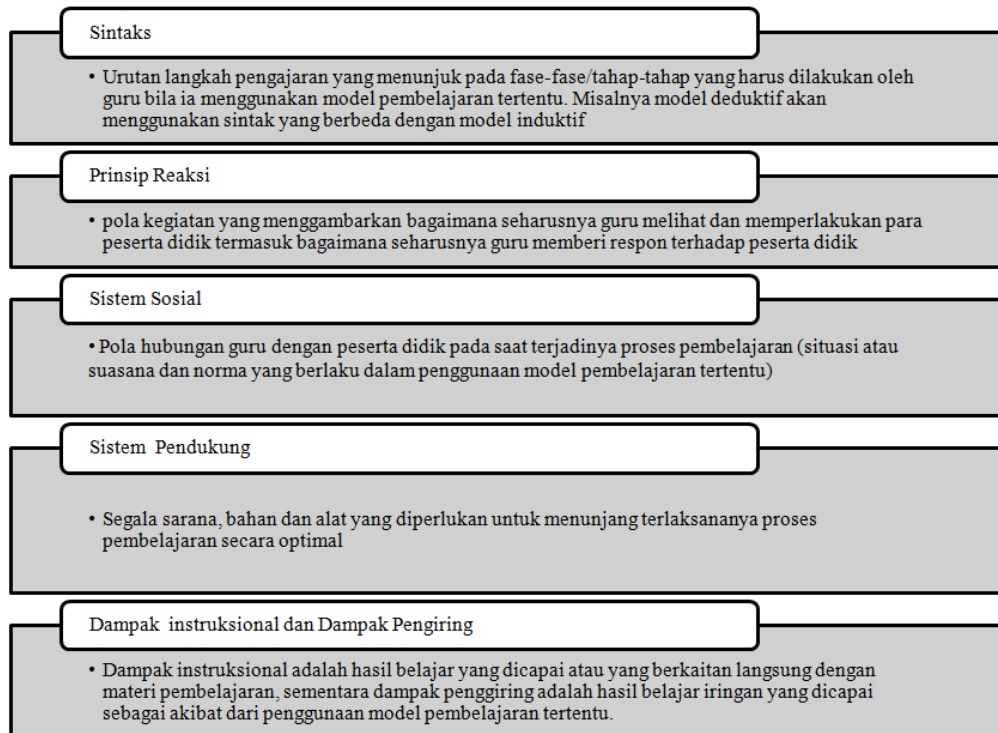
Menurut Arends (2013) tujuan penggunaan model pembelajaran adalah memberikan bantuan kepada peserta didik melalui tahapan-tahapan proses dalam mempelajari keterampilan dasar dan pengetahuan. Model pembelajaran juga merujuk pada pendekatan, tujuan pembelajaran, tahapan kegiatan sampai pada lingkungan pembelajaran.

Pendapat lain dikemukakan oleh Joyce, *et al.* (2009: 31) menyatakan bahwa ada empat rumpun model, yaitu rumpun model pemrosesan informasi, model personal, model interaksi sosial dan model sistem perilaku seperti yang disajikan pada Tabel 2.3.

*Tabel 2.3 Pengelompokan Rumpun Model Pembelajaran*

<b>Model Pengolahan Informasi</b>	<b>Model personal</b>	<b>Model interaksi sosial</b>	<b>Model sistem perilaku</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menyediakan informasi dari konsep pada para pembelajar,</li> <li>▪ Menekankan pada susunan konsep dan pengujian hipotesis,</li> <li>▪ Merancang cara berpikir kreatif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Berusaha memahami diri sendiri dengan lebih baik</li> <li>▪ Bertanggung jawab pada pendidikan</li> <li>▪ Lebih kreatif dalam mencari kehidupan yang lebih sejahtera</li> </ul>	Model-model sosial dalam pengajaran telah dibangun untuk mendapatkan keuntungan dari fenomena ini dengan cara membuat komunitas pembelajaran ( <i>learning community</i> ).	Manusia merupakan sistem-sistem komunikasi perbaikan diri yang dapat mengubah perilakunya saat merespon informasi tentang seberapa sukses tugas-tugas yang dikerjakan.

Menurut Joyce, *et al.* (2009) keempat rumpun model pembelajaran yang telah dikemukakan di atas, memiliki unsur-unsur seperti disajikan pada Gambar 2.4.



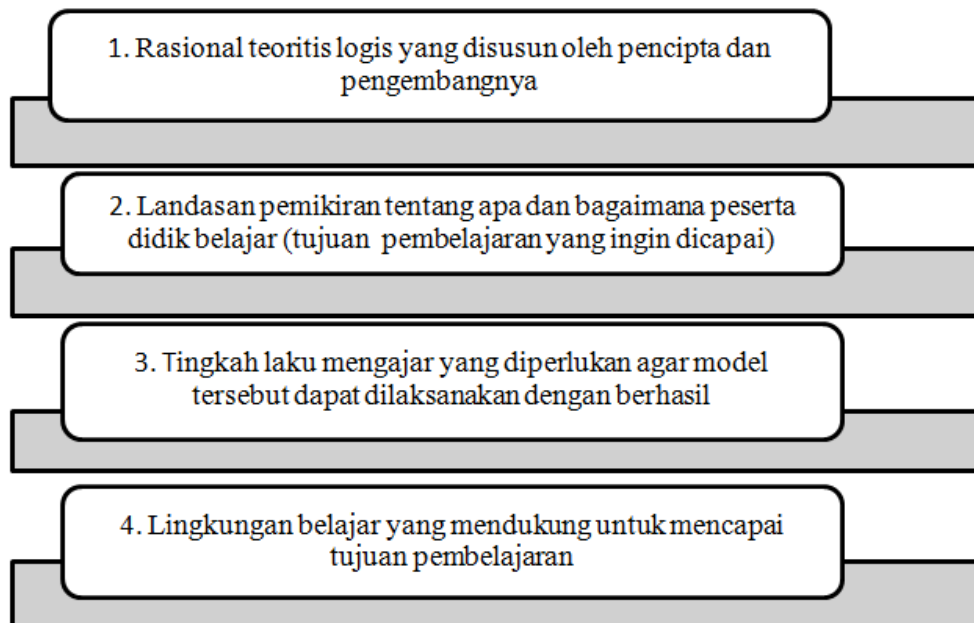
Gambar 2.4 Unsur-unsur dalam Model Pembelajaran

Fokus penelitian ini adalah pada rumpun model pengolahan informasi. Melalui rumpun model pengolahan informasi tersebut didukung oleh unsur-unsur komponen model yang terdiri dari langkah proses pembelajaran, model pembelajaran, prinsip pembelajaran, sistem penunjang, dampak instruksional dan dampak pengiring.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, makna dari model pembelajaran lebih luas dari pada istilah strategi, metode dan prosedur. Strategi pendidikan merupakan perencanaan dari rangkaian kegiatan yang disusun untuk mencapai tujuan pendidikan. Menurut Sanjaya (2006), metode adalah cara sistematis dan terpikir secara baik untuk mencapai suatu tujuan. Dengan demikian model pembelajaran dapat juga didefinisikan sebagai kerangka konseptual yang



menggambarkan sebuah langkah-langkah sistematis dari pengelompokan pengalaman belajar dalam mencapai tujuan pembelajaran. Lebih lanjut, Arends (2013) mengungkapkan bahwa sebuah model pembelajaran memiliki 4 ciri khusus. Ciri-ciri tersebut seperti yang disajikan pada Gambar 2.5.



*Gambar 2.5 Ciri-ciri model pembelajaran*

Penerapan model pembelajaran pada suatu konsep atau materi tertentu maka dapat dipastikan bahwa tidak ada satu model pembelajaran yang lebih baik dari pada yang lain. Model pembelajaran yang satu memiliki karakteristik berbeda dengan model yang lain. Untuk itu dalam setiap penerapan model pembelajaran harus menyesuaikan dengan karakteristik konsep materi yang akan dibelajarkan. Sebuah model pembelajaran juga dapat dipadukan dengan model pembelajaran lain yang disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai. Beberapa pertimbangan dalam memilih suatu model pembelajaran seperti materi pelajaran, alokasi waktu, tingkat perkembangan kognitif peserta didik, lingkungan belajar, dan fasilitas pendukung yang tersedia (Arends, 2013).

Pada penelitian ini dikembangkan model *Guided Inquiry* dengan Multi Representasi (GIMuR) yang memiliki tujuan untuk meningkatkan kemampuan

generik sains peserta didik pada materi kemagnetan fisika SMA. Model pembelajaran GIMuR dikatakan baik apabila model tersebut memenuhi syarat kevalidan, kepraktisan dan keefektifan.

## 7. Kemampuan Generik Sains

Sains merupakan salah satu objek belajar yang tinjauan didalamnya memuat situasi atau kompetensi yang dapat diaplikasikan pada penyelesaian masalah sehari-hari. Pada dasarnya dalam belajar sains setiap peserta didik telah dibekali dengan kemampuan dasar yang sudah dibawanya sejak lahir yang terdiri dari berpikir, berbuat, dan bersikap (Liliasari, 2007). Pengembangan dan peningkatan kemampuan dasar peserta didik dapat diperoleh dari pengalaman belajarnya di sekolah. Sehingga pada akhirnya proses pembelajaran sains di sekolah dapat meningkatkan potensi berpikir, kemauan, serta keterampilan peserta didik.

Menurut Gibbs (2002), pembelajaran yang dapat mengembangkan kemampuan dasar dengan cara mengintegrasikannya ke dalam pengetahuan yang mencakup konsep, prinsip, dan teori akan melahirkan kemampuan generik sains. Kemampuan generik sains adalah kemampuan yang bermanfaat dan penting untuk semua lulusan. Kemampuan generik sains sangat relevan, berguna, dan menjadi penyokong pendidikan dan menjadi dasar untuk mendukung pembelajaran sepanjang hayat (*life-long learning*) (Yeung, 2007).

Secara umum kemampuan generik bukan spesifik milik bidang studi tertentu (Tanwil & Liliasari, 2014). Kemampuan generik disebut juga sebagai keterampilan yang dapat ditransfer dan mengacu pada keterampilan yang dikembangkan pada satu bidang tertentu (Spencer & Spencer, 1993). Menurut Professional Standard Council (2004) beberapa ciri dari kemampuan generik adalah sangat bergantung pada nilai-nilai dan atribut personal dan cenderung bergantung konteks. Artinya ada banyak definisi atau rumusan dari kemampuan generik berdasarkan bidang pekerjaan tertentu yang digunakan untuk menerapkan pengetahuan.

Berdasarkan beberapa definisi kemampuan generik yang ada, dalam penelitian ini mengacu pada definisi kemampuan generik Sains yang dikemukakan oleh Brotosiswoyo (2001). Hal ini didasarkan bahwa secara tidak langsung pada pembelajaran fisika dapat menggali kemampuan peserta didik dalam menggunakan berbagai konsep dari berbagai disiplin ilmu yang ada. Kemampuan tersebut dapat berguna untuk memenuhi kebutuhan dalam berbagai situasi kehidupannya saat berada dalam kelompok masyarakat. Alasan lain adalah karena fisika dipandang sebagai suatu disiplin kerja yang dapat menghasilkan sejumlah kemampuan generik untuk bekal bekerja diberbagai profesi yang lebih luas. Kemampuan generik yang dimaksud oleh Brotosiswoyo (2001) tersebut adalah sebagai berikut.

a. Pengamatan

Definisi Fisika sebagai ilmu yang mempelajari gejala alam selama masih dapat diobservasi. Hal ini berarti bahwa proses observasi atau pengamatan memiliki kontribusi yang besar dalam mempelajari ilmu fisika. Melalui proses pengamatan yang detail terhadap fenomena yang terjadi di alam ini, maka dapat memunculkan pemahaman tentang konsep alam itu sendiri.

Kajian mengenai gejala dan perilaku alam di dalam ilmu fisika dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Sehingga kemampuan pengamatan dalam unsur kecermatan dan ketelitian sangat diperlukan. Ada 2 bentuk pengamatan yang dapat dilakukan yaitu pengamatan langsung dan tidak langsung.

1) Pengamatan Langsung

Pengamatan langsung dapat diartikan dengan melakukan pengamatan terhadap suatu objek secara langsung. Melalui pengamatan ini, ada beberapa kebiasaan baik yang dapat dinumbuhkan pada diri peserta didik diantaranya adalah sikap kejujuran. Sikap ini akan timbul ketika dalam proses pembelajaran menekankan bahwa ukuran keberhasilan kegiatan pengamatan adalah pada kejujuran

menyampaikan data, bukan sekedar hasil pengamatan yang sesuai dengan teori fisika yang ada.

Aspek pembelajaran lain yang dapat muncul adalah kesadaran terhadap batas-batas ketelitian ketika dihadapkan dengan indra pengamatan maupun alat laboratorium yang digunakan memiliki keterbatasan. Aspek pengamatan langsung lainnya yaitu mengamati percobaan/fenomena alam dengan menggunakan sebanyak mungkin indra, mengumpulkan fakta-fakta hasil percobaan/fenomena alam dan mencari perbedaan dan persamaan.

## 2) Pengamatan Tidak Langsung

Ketika gejala dan perilaku alam tidak dapat diamati secara langsung maka bentuk pengamatan tidak langsung dapat dilakukan. Sebagai contoh adalah pembelajaran yang mengandung objek-objek yang tidak dapat dilihat secara langsung oleh mata seperti molekul, atom, elektron, proton, dan lainnya.

Meskipun antara apa yang dapat ditangkap oleh indra dengan objek pengamatan tidak terlibat langsung, namun kesimpulan yang dihasilkan dapat dipercaya dan diuji kebenarannya. Berdasarkan cara yang digunakan dalam proses menggali aspek pengamatan tidak langsung ini, maka indikator pengamatan tidak langsung yaitu mampu menggunakan alat ukur sebagai alat bantu indra dalam mengamati percobaan/gejala alam.

### b. Kesadaran Tentang Skala Besaran

Mempelajari objek-objek dari rentang yang sangat besar hingga yang sangat kecil memerlukan kemampuan tentang skala ruang. Kesadaran tentang skala (*sense of scale*) perlu ditanamkan pada pembelajaran fisika. Hal ini diperlukan karena banyak pembahasan fisika yang diungkapkan dalam tulisan atau persamaan. Indikator kemampuan kesadaran tentang skala besaran yaitu mampu menyadari objek-objek alam dengan kepekaan

terhadap skala numerik sebagai besaran/ukuran skala mikroskopis maupun makroskopis.

c. Bahasa Simbolik

Ilmu fisika banyak menggunakan simbol sebagai bahasa ungkapan terhadap konsep-konsep yang ada. 3 Fungsi pokok dari bahasa pada dasarnya yaitu fungsi ekspresif, fungsi afektif, dan fungsi simbolik. Dalam fisika, kalkulus berfungsi sebagai bahasa atau alat mengungkapkan hukum atau aturan yang berlaku.

Ketika proses pembelajaran sebaiknya peristiwa, aturan atau fenomena alam selalu dihubungkan dengan yang ingin dibahasakan. Sebagai petunjuk dalam pembelajaran, indikator kemampuan generik bahasa simbolik antara lain sebagai berikut.

- 1) memahami simbol, lambang dan istilah,
- 2) memahami makna kuantitatif satuan dan besaran dari persamaan,
- 3) menggunakan aturan matematis untuk memecahkan masalah/fenomena gejala alam, dan
- 4) membaca suatu grafik/diagram, Tabel, serta tanda matematis.

d. Kerangka Logika Taat Asas

Bahasa matematika merupakan bahasa yang sangat cermat dan memiliki sifat yang memudahkan dalam menguji ketaat-asasan (*self consistency*). Dalam ilmu fisika, aturan-aturan alam ini juga memiliki sifat taat asas secara logika. Kedua bidang ilmu ini saling berhubungan dalam membentuk bidang kajian fisika dan matematika.

Pengembangan kemampuan generik sains pada aspek ketaat-asasan ini dimulai dengan munculnya beberapa argumen. Kesimpulan umum terhadap argumen-argumen tersebut selanjutnya dikaji kebenarannya agar dapat diterima sebagai kebenaran secara logika. Dalam pembelajaran, pencapaian peserta didik dalam kemampuan generik kerangka logika taat



asas ini dapat dilihat dari indikator mencari hubungan logis antara dua aturan atau lebih.

e. Inferensi Logika

Kemampuan seseorang dalam menggunakan logika untuk melakukan penafsiran atau penarikan kesimpulan disebut juga dengan kemampuan inferensi logika. Selama proses pembelajaran, inferensi logika terintegrasi dalam proses ilmiah yang dilakukan peserta didik.

Kegiatan praktikum mampu memberikan pengalaman bagi peserta didik dalam mengembangkan kemampuan berpikir menggunakan inferensi logika. Pengalaman yang diberikan lainnya adalah bahwa dalam kegiatan praktikum peserta didik tidak harus selalu digiring untuk mengusulkan hipotesis yang “benar” dan dapat dukungan data. Hal yang jauh lebih penting adalah untuk mengembangkan pola pikir yang biasa dilakukan ilmuan secara jujur dan konsisten.

Logika memegang peranan penting dalam proses kerja ilmiah khususnya fisika yang menyangkut hukum alam. Keyakinan akan peran logika dalam pengendalian hukum-hukum alam menyebabkan matematika menjadi “bahasa” hukum alam yang tepat. Sebuah aturan yang diungkapkan dalam matematika dapat menggali konsekwensi-konsekwensi logis yang dilahirkan lewat inferensi logika. Indikator terhadap pencapaian kemampuan generik inferensi logika meliputi:

- 1) memahami aturan-aturan,
- 2) berargumentasi berdasarkan aturan,
- 3) menjelaskan masalah berdasarkan aturan, dan
- 4) menarik kesimpulan dari suatu gejala berdasarkan aturan/hukum-hukum terdahulu.

f. Hukum Sebab Akibat

Ketika menarik kesimpulan dari aturan yang merupakan hukum alam, maka sering timbul kerancuan. Pengamatan yang dilakukan pada dua buah

objek dengan hubungan fakta tinjauan kurang relevan sebagai bentuk sebab akibat. Akhirnya dapat memunculkan ketidaksetujuan dalam penarikan kesimpulan.

Hukum-hukum yang berlaku di fisika pada dasarnya merupakan hukum sebab akibat yang dikenal juga dengan istilah korelasi. Bagian-bagian tertentu dalam fisika memang dikenal pula istilah korelasi.

g. Pemodelan Matematik

Lambang-lambang matematika bersifat artificial yang akan memiliki arti setelah sebuah makna diberikan didalamnya (Suriasumantri dalam Broto Siswoyo, 2001). Persamaan-persamaan yang mendeskripsikan hukum-hukum alam pada fisika adalah buatan manusia mewakili fenomena alam bentuk kualitatif maupun kuantitatif. Ungkapan model tersebut diterapkan melalui penggunaan bahasa matematika. Hakikat model ini dalam fisika dikenal pula model alternatif (tidak harus hanya satu model).

Pembelajaran fisika cenderung mengarah pada doktrin penerimaan terhadap hukum yang sudah ada dan harus dipahami sesuai hukum tersebut. Padahal secara luas jika memang terdapat lebih dari satu cara dalam pemahaman akan model tersebut maka dapat dijelaskan alternatifnya masing-masing. Alternatif yang digunakan memiliki kekurangan dan kelebihan tersendiri. Sajian alternatif akan membantu peserta didik memahami secara mendalam terhadap makna dari ilmu fisika yang sedang dipelajarinya. Indikator pencapaian kemampuan generik untuk pemodelan matematik meliputi:

- 1) mengungkapkan fenomena masalah dalam bentuk sketsa gambar/grafik,
- 2) mengungkapkan fenomena dalam bentuk rumusan, dan
- 3) mengajukan alternatif penyelesaian masalah.

h. Membangun Konsep

Sebuah konsep atau pengertian baru sering kali harus dibuat agar dapat mendefinisikan pengertiannya. Misalnya ditemukannya interaksi

antara dua benda yang tidak saling bersinggungan pada pembahasan listrik dan magnet maka agar dapat memahami maknanya dibuatlah konsep yang dinamakan medan.

Agar peserta didik memiliki pemahaman yang benar akan makna konsep-konsep fisika bukanlah tugas mudah. Dalam mempelajari fisika memerlukan kemampuan untuk membangun konsep. Indikator pencapaian kemampuan generik membangun konsep adalah menambah konsep baru.

Berdasarkan pernyataan para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa jika peserta didik sudah menguasai sembilan kemampuan generik yang merupakan kemampuan dasar yang dapat dan perlu ditumbuhkan dalam pembelajaran fisika, maka diharapkan peserta didik akan memiliki kemampuan berpikir yang lebih tinggi seperti kemampuan berpikir kreatif dan berpikir kritis. Dalam penelitian ini peneliti tidak akan menggunakan kesembilan aspek kemampuan generik sains. Namun hanya beberapa aspek yaitu pengamatan langsung, bahasa simbolik, hukum sebab akibat, inferensi logis dan pemodelan matematis. Pemilihan aspek ini didasarkan pada beberapa penelitian awal yang telah dilakukan tentang aspek-aspek kemampuan generik sains yang muncul pada model pembelajaran GIMuR dalam pembelajaran kemagnetan (Fatmaryanti *et al.*, 2015).

## 8. Sikap Ilmiah

Kata sikap berasal dari bahasa Latin, yaitu “*Aptus*” yang artinya adalah keadaan siap secara mental yang bersifat untuk melakukan kegiatan. Sikap berhubungan dengan penanganan dan pengelolaan emosi terjadi selama proses belajar dan memainkan peran penting dalam mengarahkan manusia tingkah laku (Kaya & Boyuk, 2011). Salah satu bentuk sikap yang dapat dikembangkan dalam pembelajaran sains adalah sikap ilmiah (*Scientific Attitude*).

Pada pemecahan masalah, menilai sebuah ide dan membuat keputusan memerlukan pendekatan tertentu dengan menggunakan sikap ilmiah. Dalam pembelajaran sains, definisi sikap ilmiah sama dengan sikap yang dimiliki oleh peneliti (*scientist*) ketika mencari dan mengembangkan pengetahuan baru. Bentuk sikap tersebut seperti melihat fakta secara objektif, berhati-hati, bertanggungjawab, berhati terbuka, selalu ingin meneliti, dan lain-lain.

Menurut Jasin (2010) seorang ilmuwan memiliki sikap ilmiah yang mencakup: (a) rasa ingin tahu yang tinggi dan kemauan yang besar untuk mempelajari hal baru, (b) menerima kebenaran dengan bukti yang jelas dan kuat, (c) jujur, (d) terbuka, (e) toleran, (f) skeptis, (g) optimis, (h) pemberani, dan (i) kreatif atau swadaya. Sikap-sikap tersebut diperoleh setelah melalui sekian banyak percobaan (proses ilmiah) dan usaha yang sungguh-sungguh.

Berdasarkan berbagai penjelasan tersebut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini sikap ilmiah berkaitan dengan sikap peserta didik dalam menanggapi dan menemukan pengetahuan baru. Sikap ilmiah tersebut diperoleh melalui beberapa metode atau proses ilmiah. Sikap tersebut harus terus dikembangkan agar bisa dimiliki oleh peserta didik.

Berdasarkan pendapat dari para ahli, sikap ilmiah dapat dikelompokkan dalam beberapa jenis. Secara singkat pengelompokan sikap ilmiah tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.4.

*Tabel 2.4 Pengelompokan Sikap Ilmiah Peserta didik*

<b>Gegga (1977)</b>	<b>Harlen (1996)</b>	<b>AAAS (1993)</b>
<i>Curiosity</i> , (sikap ingin tahu)	<i>Curiosity</i> , (sikap ingin tahu)	<i>Honesty</i> (sikap jujur)
<i>Inventiveness</i> (sikap penemuan)	<i>Respect for evidence</i> (sikap respek terhadap data)	<i>Curiosity</i> , (sikap ingin tahu)
<i>Critical thinking</i> (sikap berpikir kritis)	<i>Critical reflection</i> (sikap refleksi kritis)	<i>Open minded</i> (sikap berpikiran terbuka)
<i>Persistence</i> (sikap teguh pendirian)	<i>Perseverance</i> (sikap ketekunan)	<i>Skepticism</i> (sikap keragu-raguan)
	<i>Creativity and inventiveness</i> (sikap kreatif dan penemuan)	
	<i>Open mindedness</i> (sikap berpikiran terbuka)	
	<i>Cooperation with others</i> (sikap	

bekerjasama dengan orang lain)

*Willingness to tolerate uncertainty*  
(sikap keinginan menerima ketidakpastian)

*Sensitivity to environment* (sikap sensitif terhadap lingkungan)

(Sumber : Anwar, 2009)

Dimensi sikap ilmiah tersebut kemudian dikelompokkan untuk dikembangkan indikator-indikator dari setiap dimensi. Tujuan pengelompokan tersebut adalah agar dapat dilakukan pengukuran sikap ilmiah. Berdasarkan dimensi sikap ilmiah Harlen (1996) dihasilkan indikator-indikator seperti disajikan pada Tabel 2.5.

*Tabel 2.5 Dimensi Indikator Sikap Ilmiah*

No	Dimensi	Indikator-Indikator
1	Sikap ingin tahu	1. Antusias mencari jawaban 2. Perhatian pada objek yang diamati 3. Antusias pada proses sains 4. Menanyakan setiap langkah kegiatan
2	Sikap respek terhadap data/fakta	1. Obyektif/jujur 2. Tidak memanipulasi data 3. Tidak pura-pura 4. Mengambil keputusan sesuai fakta 5. Tidak mencampur fakta dengan pendapat
3	Sikap berpikir kritis	1. Meragukan temuan teman 2. Menanyakan setiap perubahan/hal baru 3. Mengulangi kegiatan yang dilakukan 4. Tidak mengabaikan data meskipun kecil
4	Sikap penemuan dan kreatifitas	1. Menggunakan fakta untuk dasar konklusi 2. Menunjukkan laporan berbeda dengan teman kelas 3. Merubah pendapat dalam merespon terhadap fakta 4. Menggunakan alat tidak seperti biasanya 5. Menyarankan percobaan baru 6. Menguraikan konklusi baru hasil pengamatan
5	Sikap berfikir terbuka dan kerjasama	1. Menghargai pendapat dan temuan orang lain 2. Merubah pendapat jika data kurang 3. Menerima saran dari teman 4. Tidak merasa selalu benar 5. Menganggap setiap kesimpulan adalah tentatif 6. Berpartisipasi aktif dalam kelompok



---

6	Sikap ketekunan	1. Melanjutkan meneliti sesudah “kebaruannya hilang” 2. Megulangi percobaan meskipun berakibat kegagalan 3. Melengkapi satu kegiatan meskipun teman kelasnya selesai lebih awal
7	Sikap peka terhadap lingkungan sekitar	1. Perhatian terhadap peristiwa sekitar 2. Partisipasi pada kegiatan sosial 3. Menjaga kebersihan lingkungan sekolah

---

(Sumber : Anwar, 2009)

## 9. Kemagnetan

Materi kemagnetan dianggap sebagai materi yang masuk dalam kategori sulit untuk dipelajari bagi peserta didik (Lotfus, 1996; Guasisola, 2004; Tanel & Erol, 2008). Padahal materi ini telah dimulai dikenalkan bertahap kepada peserta didik dari jenjang SD dan SMP. Sesuai dengan tahapan perkembangan peserta didik, pembelajaran kemagnetan dimulai dengan pengamatan tentang gejala kemagnetan tarik menarik dan tolak menolak pada jenjang SD. Pada jenjang SMP, pemahaman konsep kemagnetan meningkat menjadi mempelajari sifat magnet secara kualitatif mulai dari membuat dan menghilangkan sifat kemagnetan, medan magnet di sekitar kawat berarus dan pemanfaatan dalam teknologi. Masuk pada jenjang SMA, pendalaman kemagnetan tidak hanya secara kualitatif saja namun peserta didik juga dituntut mampu menjelaskan fenomena dengan kuantitatif. Kesulitan materi kemagnetan muncul pada jenjang ini. Penjelasan fenomena dengan aturan matematik sehingga mendapatkan bentuk umum dalam bentuk persamaan dan hukum sebab akibat adalah penjelasan umum atas kesulitan yang muncul pada materi ini.

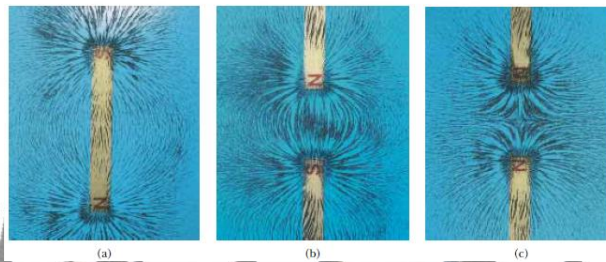
Konsep-konsep dasar seperti pola dan arah medan magnet, gaya magnet dan induksi elektromagnet merupakan konsep dasar yang harus dikuasai peserta didik pada materi. Penjelasan konsep-konsep tersebut adalah sebagai berikut.

### a. Medan Magnet

Pada dasarnya penjelasan konsep kemagnetan sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari. Namun kenyataan yang terjadi adalah penjelasan kemagnetan lebih banyak pada penjelasan matematis (Albe, *et al*, 2001;

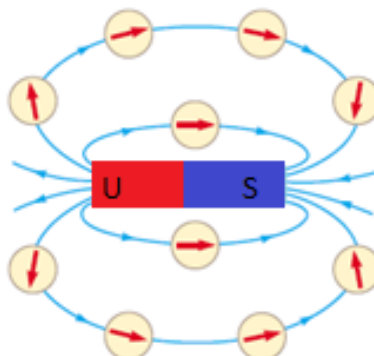
Fatmaryanti, *et al*, 2015) daripada menemukan konsep magnet itu sendiri. Jika kembali lagi pada bagaimana ilmuwan menjelaskan konsep magnet semua selalu dimulai dari penemuan (*inquiry*) (Buck, *et al*, 2007).

Konsep arah medan magnet dapat ditunjukkan dengan memperlihatkan pola medan magnet sebuah magnet batang adalah dengan menggunakan partikel besi yang kecil, seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pola medan magnet disekitar magnet batang (Serway & Jewett, 2010)

Bermula dari pengamatan pola tersebut kemudian dilanjutkan pada pemahaman tentang arah garis-garis medan magnet dengan bantuan sebuah kompas. Setiap magnet, terlepas dari bagaimana bentuknya, memiliki dua kutub yang disebut kutub utara (U) dan kutub selatan (S), yang menghasilkan gaya antara satu dengan yang lainnya. Artinya, kutub-kutub yang sama (U-U atau S-S) tolak menolak dan kutub berlawanan (U-S) tarik-menarik. Pada gambar 2.7 menunjukkan bagaimana garis-garis medan magnet dari sebuah batang magnet dapat ditelusuri dengan bantuan sebuah kompas..

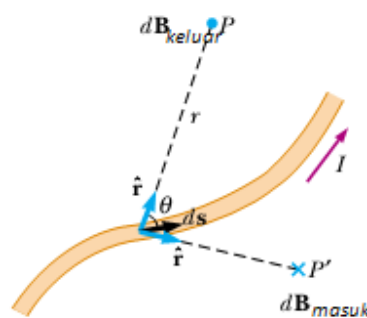


Gambar 2.7 kompas dapat digunakan untuk menandai garis-garis medan magnet

Melalui pengamatan arah jarum kompas di sekitar magnet batang para peserta didik diharapkan dapat menarik kesimpulan bahwa medan magnet di luar titik magnet keluar dari kutub utara menuju kutub selatan.

Hubungan antara listrik dan magnet ditemukan pertama kali oleh Hans Christian Oersted melalui pengamatan gerakan jarum kompas di sekitar arus listrik. Ilmuan berikutnya yaitu Andre-Marie Ampere juga menjelaskan tentang fenomena arus listrik yang dapat menarik serpihan besi. Ampere menduga bahwa sumber dasar magnet adalah arus listrik. Dan akhirnya menyimpulkan bahwa penyearahan simpal arus molekuler di dalam suatu bahan mengakibatkan sifat magnet pada magnet permanen. Michael Faraday dan Joseph Henry telah mendemonstrasikan bahwa perubahan medan magnet akan menghasilkan medan listrik. Sedangkan James Clerk Maxwell menunjukkan lebih detail di dalam teori listrik magnet bahwa suatu perubahan medan listrik akan menghasilkan medan magnet (Serway & Jewett, 2010).

Berbeda dengan sebelumnya, Biot-Savart melakukan pendekatan melalui persamaan matematika. Persamaan digunakan pada kasus medan magnet  $d\mathbf{B}$  di titik  $P$  pada elemen panjang  $ds$  seutas kawat berarus tetap  $I$ , seperti yang terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Medan magnet  $d\mathbf{B}$  pada suatu titik akibat dari arus  $I$  yang melewati elemen panjang  $ds$

Hasil pengamatan dan pendekatan matematis tersebut disimpulkan dalam persamaan yang dikenal dengan Hukum Biot-Savart.

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I d\mathbf{s} \times \hat{\mathbf{r}}}{4\pi r^2} \quad (2.1)$$

di mana  $\mu_0$  adalah permeabilitas ruang hampa  $= 4\pi \times 10^{-7} \left( 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{wb}}{\text{Am}} \right)$ ,  $I$  adalah kuat arus listrik dalam **ampere** (A),  $ds$  adalah perubahan panjang (m), dan  $r$  adalah jarak titik (m).

Berdasarkan Gambar 2.8, medan  $d\mathbf{B}$  pada persamaan (2.1) adalah medan magnet yang dihasilkan oleh arus pada satu elemen panjang  $ds$  dari konduktor. Dari bentuk ruas kanan menjadi jelas bahwa arah medan magnet yang dihasilkan satu elemen tegak lurus bidang yang dibentuk elemen tersebut dengan vektor jarak dari elemen ke posisi pengamatan.

Untuk mendapatkan medan magnet total  $\mathbf{B}$  maka harus menjumlahkan  $d\mathbf{B}$  yang dihasilkan semua elemen arus  $I ds$ . Artinya,  $\mathbf{B}$  dapat dihitung dengan mengintegrasikan persamaan (2.1).

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\mathbf{s} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2} \quad (2.2)$$

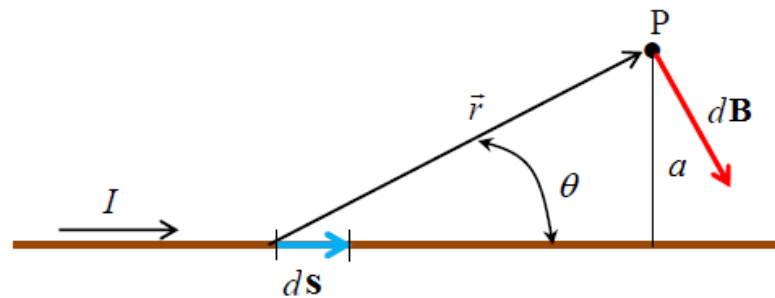
Penyelesaian integral persamaan (2.2) sangat bergantung pada bentuk kawat. Penyelesaian persamaan ini memerlukan ketelitian dalam menyelesaikan integral dari hasil kali silang (*cross product*) dari besaran vektor.

Untuk hitung besar medan magnet, maka medan magnet yang dihasilkan seluruh bagian kawat pada persamaan (2.2) dapat ditulis dengan

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{ds \sin \theta}{r^2} \quad (2.3)$$

Sudut  $\theta$  tersebut tidak konstan tetapi bergantung pada orientasi elemen sepanjang kawat. Dengan kata lain  $\theta$  merupakan fungsi jarak sepanjang kawat.

Kasus yang paling sederhana adalah bentuk kawat lurus tak hingga. Perhitungan kuat medan magnet yang dihasilkan kawat lurus tak berhingga tidaklah sulit karena arah vektor  $ds$  yang selalu tetap, yaitu mengikuti arah kawat sehingga orientasi elemen kawat selalu sama.



Gambar 2.9 Medan magnet yang dihasilkan oleh elemen dari kawat lurus panjang

Pada ruas kanan persamaan (2.2), baik  $ds$  dan  $r$  merupakan variabel. Agar integral dapat dikerjakan maka ruas kanan hanya boleh mengandung satu variabel. Jarak tegak lurus titik P ke kawat adalah  $a$  dan proyeksi vektor  $r$  sepanjang kawat adalah  $s$ . Tampak dari gambar bahwa

$$\sin \theta = \frac{a}{r}$$

Karena kawat memiliki panjang tak berhingga maka batas integral adalah dari  $-\infty$  sampai  $+\infty$ . Dengan demikian, persamaan Biot-Savart dapat ditulis menjadi

$$B = \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{ds}{(s^2 + a^2)^{3/2}} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} B &= \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \left[ \frac{L}{a^2 \sqrt{L^2 + a^2}} \right]_{-\infty}^{+\infty} \\ &= \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \left[ \left( \frac{\infty}{a^2 \sqrt{\infty^2 + a^2}} \right) - \left( \frac{-\infty}{a^2 \sqrt{(-\infty)^2 + a^2}} \right) \right] \\ &= \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \left[ \left( \frac{\infty}{a^2 \times \infty} \right) - \left( \frac{-\infty}{a^2 \times \infty} \right) \right] \\ &= \frac{\mu_0 I a}{4\pi} \left[ \frac{1}{a^2} - \left( -\frac{1}{a^2} \right) \right] \end{aligned}$$

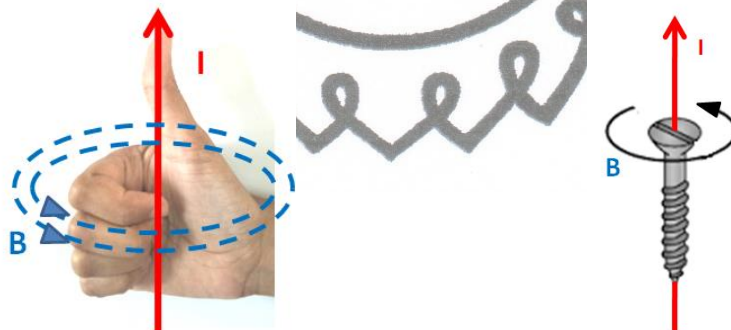


Melalui penyelesaian integral, didapatkan bentuk persamaan yang sederhana dari kuat medan magnet di sekitar kawat lurus adalah

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad (2.5)$$

Dari persamaan 2.5 dapat dilihat bahwa besar medan magnet yang dihasilkan kawat lurus panjang di suatu titik sebanding dengan kuat arus dan berbanding terbalik dengan jarak terdekat titik tersebut ke kawat.

Karena medan magnet sama dengan perkalian vektor elemen kawat dan vektor jarak ke titik pengamatan maka Penentuan arah medan magnet yang dihasilkan arus listrik dapat menentukan dengan aturan tangan kanan perkalian vektor. Arah ibu jari bersesuaian dengan arah arus dan arah jari-jari yang digenggam bersesuaian dengan arah medan magnet di sekitar arus tersebut. Cara lain menentukan arah medan magnet adalah berdasarkan arah masuk sekrup putar kanan. Arah masuk sekrup sesuai dengan arah arus sedangkan arah putar sekrup sesuai dengan arah medan magnet seperti disajikan pada Gambar 2.10.

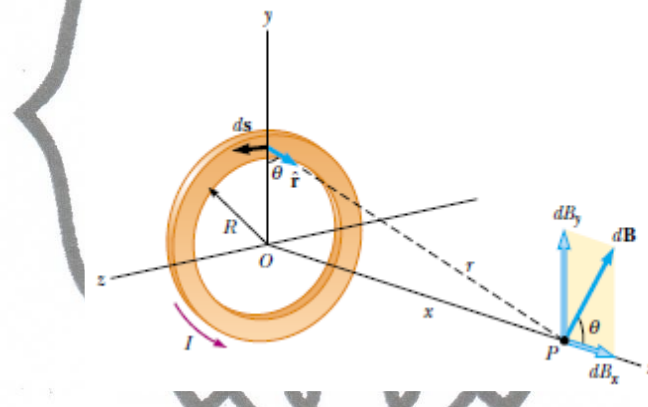


Gambar 2.10 Arah medan magnet di sekitar arus listrik dapat ditentukan dengan aturan tangan kanan atau sekrup putar kanan.

Penyederhanaan perhitungan medan magnet di sekitar konduktor berarus dapat menggunakan cara lain yaitu hukum Ampere. Hukum Ampere menyatakan bahwa integral garis dari  $\mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$  di sekeliling lintasan tertutup mana pun sama dengan  $\mu_0 I$  dimana  $I$  adalah arus tunak total yang melewati permukaan mana pun yang dilingkupi oleh lintasan tertutupnya.

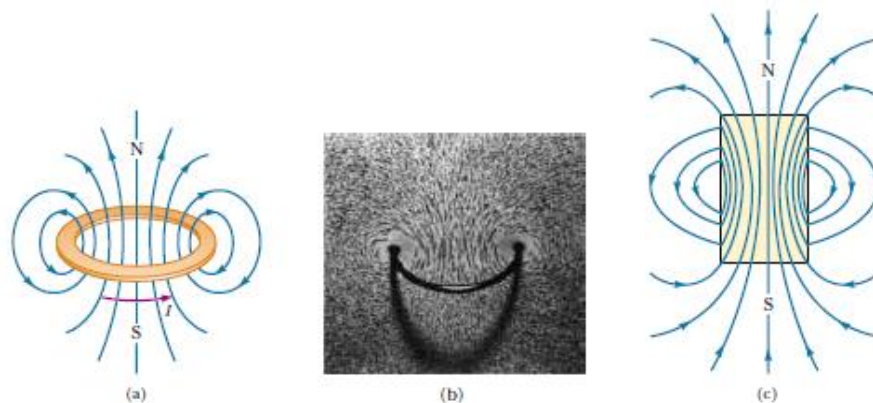
$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I \quad (2.6)$$

Pada kasus penghantar melingkar berarus, besar medan magnet yang ditimbulkan oleh konduktor melingkar berarus juga dapat diturunkan dari hukum Biot Savart. Gambar 2.10 menunjukkan kasus pada sebuah kawat melingkar yang dialiri arus listrik  $I$  dengan jari-jari  $R$ . Hukum Biot Savart dapat digunakan untuk menentukan induksi magnetik di titik  $P$  yang berjarak  $x$  dari pusat lingkaran. Pada Gambar 2.11 menunjukkan bahwa  $r$  tegak lurus terhadap  $d\mathbf{l}$  atau  $\theta=90^\circ$  sehingga  $\sin \theta = 1$ .



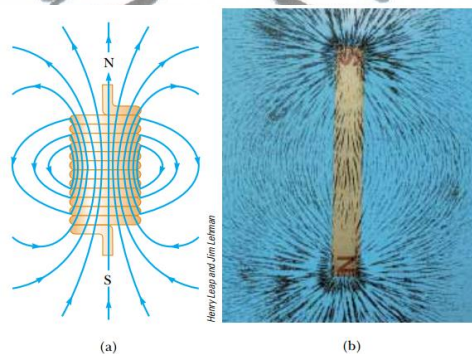
Gambar 2.11 Geometri untuk menghitung medan magnet di titik  $P$  yang terletak pada sumbu loop arus. Berdasarkan prinsip simetri, medan total  $\mathbf{B}$  adalah sepanjang sumbu ini (Serway & Jewett, 2010)

Penentuan arah medan magnet dengan menggunakan dengan kaidah tangan kanan. Pada kasus kawat melingkar ini, apabila tangan kanan menggenggam maka arah ibu jari menunjukkan arah medan magnet sedangkan keempat jari yang lain menunjukkan arah arus listrik .



Gambar 2.12 (a) Garis-garis medan magnet di sekeliling loop arus (b) garis-garis medan magnet di sekeliling loop arus, yang diperlihatkan oleh serbuk besi (c) garis-garis medan magnet disekeliling magnet batang.

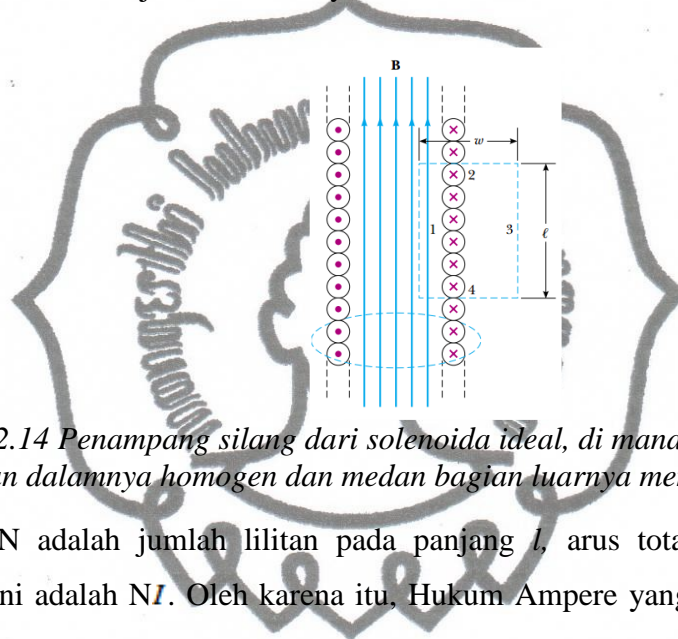
Solenoid adalah seutas kawat panjang yang berupa gulungan/lilitan berbentuk spiral. Bila solenoida dialiri arus, di dalam ruang yang dikelilingi oleh lilitan terdapat medan magnet yang homogen.



Gambar 2.13 (a) Garis-garis medan magnet untuk solenoida yang rapat dengan panjang terhingga, yang membawa arus. Medan dalam ruang bagian dalamnya kuat dan homogen. (b) Pola medan magnet sebuah magnet batang diperlihatkan oleh biji besi kecil pada selembar kertas (Serway & Jewett, 2010)

Garis-garis medan yang terbentuk menyerupai garis-garis medan pada magnet batang. Jadi, salah satu ujung solenoida berperilaku seperti kutub utara magnet dan ujung yang berlawanan berperilaku seperti kutub selatan. Solenoida ideal adalah ketika memiliki lilitan yang semakin rapat dan panjang yang lebih besar daripada jari-jari lilitannya.

Hukum Ampere yang diterapkan pada lintasan lingkaran di dekat bagian bawah, di mana bidangnya tegak lurus halaman buku dapat digunakan untuk menunjukkan bahwa terdapat medan lemah di luar solenoida. Hukum Ampere yang diterapkan pada lintasan segi empat putus-putus dalam bidang halaman buku dapat digunakan untuk menghitung besar medan bagian dalam. Dalam kasus ini, arus total yang melewati lintasan segi empat sama dengan arus yang melewati setiap lilitan dikalikan jumlah lilitannya.



*Gambar 2.14 Penampang silang dari solenoida ideal, di mana medan magnet bagian dalamnya homogen dan medan bagian luarnya mendekati nol.*

Jika  $N$  adalah jumlah lilitan pada panjang  $l$ , arus total yang melewati segiempat ini adalah  $NI$ . Oleh karena itu, Hukum Ampere yang diterapkan pada lintasan ini menghasilkan persamaan sebagai berikut.

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I = \mu_0 n I \quad (2.7)$$

Di mana  $n = N/l$  adalah jumlah lilitan per satuan panjang.

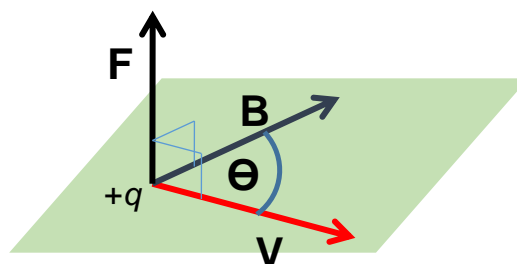
Untuk mengetahui pemahaman konsep dari peserta didik dapat diukur dari cara menyelesaikan masalah (Nugroho & Setiawan, 2009). Penelitian tentang kesulitan peserta didik memahami konsep medan telah dilakukan oleh Cui *et.al.* (Nugroho & Setiawan, 2009). Ditemukan bahwa kesulitan terjadi pada penggunaan kalkulus dalam fisika dasar. Kesulitan lainnya adalah adanya pergeseran dari konsep gaya ke konsep medan juga telah diteliti oleh Furio & Guisasola (1998) dan Guisasola, (2004).

## b. Gaya Magnet

Karakteristik dari konsep medan adalah memiliki tingkat keabstrakan yang tinggi dalam pemahaman maupun penerapannya sehari-hari. Materi yang abstrak ini dapat dibantu dengan penggunaan representasi yang berbeda-beda untuk menjelaskan sebuah konsep. Ketika membicarakan tentang medan biasanya lebih dikenali melalui konsep gaya. Menurut Guisasola (2004) dan Saarelaieen (2011) bahwa peserta didik lebih mudah memahami konsep gaya dibandingkan konsep medan. Secara sederhana gaya dapat menunjukkan interaksi antara suatu benda dengan benda yang lain dan memberi pengaruh terhadap terjadinya suatu perubahan keadaan.

Medan magnet  $\mathbf{B}$  pada beberapa titik dalam ruang dapat didefinisikan sebagai gaya magnetik  $\mathbf{F}_B$  yang dihasilkan oleh medan pada partikel bermuatan yang bergerak dengan kecepatan  $\mathbf{v}$  – yang disebut dengan muatan uji. Eksperimen sederhana gaya magnet dapat dilakukan di laboratorium (Fatmaryanti, *et.al.*, 2015). Berdasarkan pengamatan eksperimen dapat dirangkumkan bahwa gaya magnet dapat dituliskan dalam bentuk yang dihubungkan oleh hasil kali silang (penjelasan lengkap pada subbab 9.c). Arah gaya magnet selalu tegak lurus  $\mathbf{v}$  dan  $\mathbf{B}$ . Persamaan matematis untuk gaya magnetik pada sebuah partikel bermuatan yang bergerak di sebuah medan magnet.

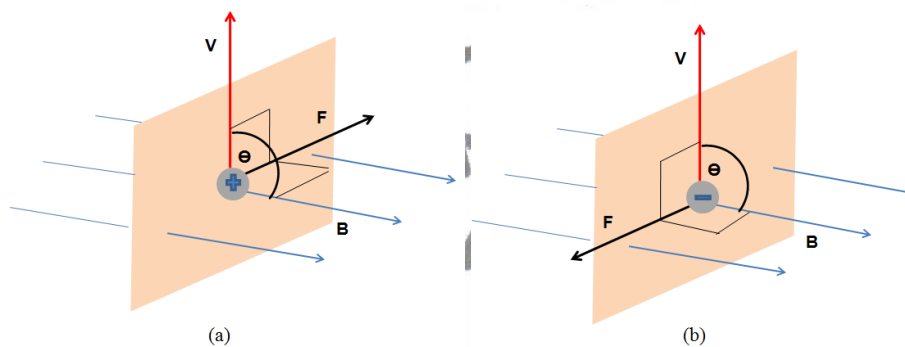
$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (2.8)$$



Gambar 2.15 Gaya magnetik  $\mathbf{F}_B$  yang bekerja pada sebuah partikel bermuatan yang bergerak dengan kecepatan  $\mathbf{v}$  di dalam pengaruh medan magnet Arah gaya magnetik gaya magnetik tegak lurus terhadap  $\mathbf{v}$  dan  $\mathbf{B}$



Persamaan (2.8) dan penentuan arah gaya magnet pada Gambar 2.15 berlaku aturan putar kiri atau berlawanan arah jarum jam seperti pada aturan perkalian vektor. Partikel bermuatan dapat didefinisikan bahwa muatan tersebut mungkin bermuatan positif atau negatif. Namun sesuai penggunaan aturan perkalian vektor maka aturan tersebut berlaku untuk muatan positif. Sedangkan arah gaya magnet pada muatan negatif akan berlaku sebaliknya.



Gambar 2.16 Arah gaya magnetik  $\mathbf{F}_B$  dihasilkan pada arah yang berlawanan pada dua partikel bermuatan yang berlawanan tanda

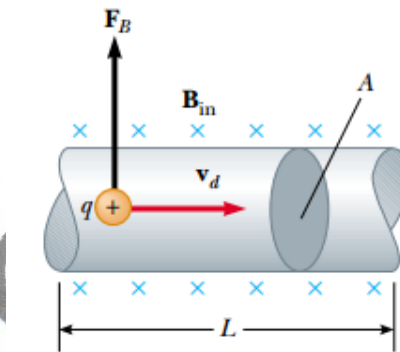
Dengan aturan hasil perkalian vektor maka besar gaya magnetik pada partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnet adalah

$$|\mathbf{F}_B| = q|\mathbf{v} \times \mathbf{B}| = q|\mathbf{v}||\mathbf{B}|\sin\theta \quad (2.9)$$

di mana  $\theta$  adalah sudut lancip antara  $\mathbf{v}$  dan  $\mathbf{B}$ . Dalam bahasa matematika, sifat perkalian vektor tidak komutatif. Sehingga dari persamaan 2.9, dapat dipahami bahwa  $F_B$  nol ketika  $\mathbf{v}$  sejajar atau antisejajar dengan  $\mathbf{B}$  ( $\theta = 0^\circ$  atau  $180^\circ$ ) dan maksimum ketika  $\mathbf{v}$  tegak lurus  $\mathbf{B}$  ( $\theta = 90^\circ$ ).

Gaya magnet juga dapat terjadi pada kasus kawat berarus yang diletakkan dalam medan magnet. Jika dikaitkan dengan pembahasan sebelumnya bahwa arus merupakan sekumpulan muatan partikel yang bergerak. Maka gaya resultan pada kawat adalah penjumlahan vektor dari gaya yang bekerja pada semua partikel bermuatan yang menghasilkan arus. Jika pada kasus muatan bergerak muncul dua kemungkinan dua jenis muatan yaitu positif dan negatif maka pada kasus kawat berarus ini penentuan arah arus listrik menggunakan arah yang sama dengan aliran muatan positif.

Sebuah bagian kawat yang lurus memiliki panjang  $L$  dan luas penampang  $A$ , membawa arus  $I$  di dalam medan magnet homogen  $\mathbf{B}$ , seperti pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Sebuah potongan kawat berarus berada di dalam medan magnet  $\mathbf{B}$ .

Pada kawat masing-masing muatan yang membentuk arus adalah  $q\mathbf{v}_d \times \mathbf{B}$ . Jika volume bagian tersebut adalah  $AL$ , maka jumlah muatan di dalam bagian kawat adalah  $nAL$ . Jadi, persamaan gaya pada potongan kawat berarus dalam medan magnet homogen dapat dituliskan sebagai berikut

$$\mathbf{F}_B = (q\mathbf{v}_d \times \mathbf{B})nAL \quad (2.10)$$

Berdasarkan definisi dari arus rata-rata dalam suatu konduktor adalah

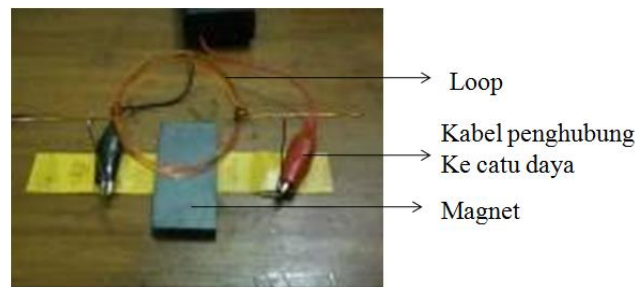
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqv_d A$$

Maka bentuk persamaan 2.9 dapat dituliskan menjadi bentuk yang lebih sederhana yaitu

$$\mathbf{F}_B = I\mathbf{L} \times \mathbf{B} \quad (2.11)$$

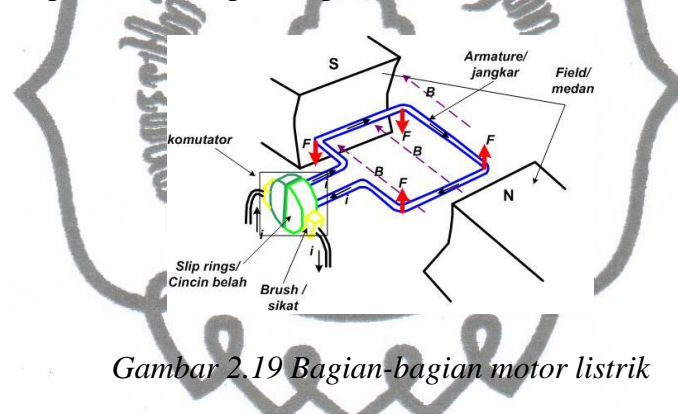
di mana  $\mathbf{L}$  adalah vektor yang menunjukkan arah arus  $I$  dan memiliki besar yang sama dengan panjang  $L$ . Identik dengan pembahasan gaya magnet pada muatan bergerak sebelumnya, maka besar gaya magnet pada kawat berarus juga dapat ditentukan dengan aturan perkalian vektor.

Aplikasi konsep gaya magnet pada konduktor berarus adalah adanya torsi yang dihasilkan pada loop berarus yang berada dalam medan magnet. Percobaan sederhana seperti pada Gambar 2.18.

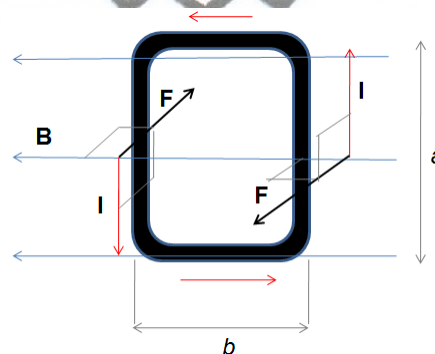


*Gambar 2.18 Percobaan sederhana loop berarus di dalam medan magnet*

Pada percobaan tersebut, loop kawat diletakkan pada medan magnet. Ketika loop dialiri arus maka loop akan berputar. Jika arah arus dibalik maka arah putaran loop juga berbalik. Hasil analisis dari gerakan loop berarus ini akan sangat berguna dalam pembahasan aplikasi pada motor listrik.



*Gambar 2.19 Bagian-bagian motor listrik*



*Gambar 2.20 Analisis arah gaya magnet pada loop berarus berbentuk segi empat di dalam medan magnet homogen*

Pada Gambar 2.20 terlihat bahwa tidak ada gaya magnet yang bekerja pada sisi loop atas dan bawah dikarenakan sejajar dengan medan magnet. Meskipun demikian ada gaya magnet yang bekerja pada sisi kanan dan kiri, karena sisi ini tegak lurus dengan medan magnet.

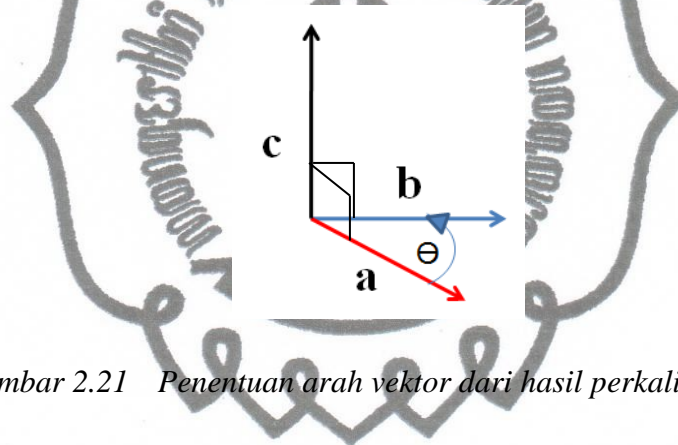
Jika sumbu loop dibuat sedemikian hingga dapat berotasi disekitar titik pusat loop O, maka kedua gaya ini menghasilkan torsi yang berotasi pada loop searah jarum jam di sekitar titik O. Besar torsi ini adalah

$$\tau_{maks} = F \frac{b}{2} + F \frac{b}{2} = (IaB) \frac{b}{2} + (IaB) \frac{b}{2} = IabB$$

### c. Aturan Fleming

Jika vektor **a** dan **b** dikalikan vektor (*cross product*) maka akan menghasilkan vektor **c** yang tegak lurus dengan **a** dan **b**.

$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = \mathbf{c}$$

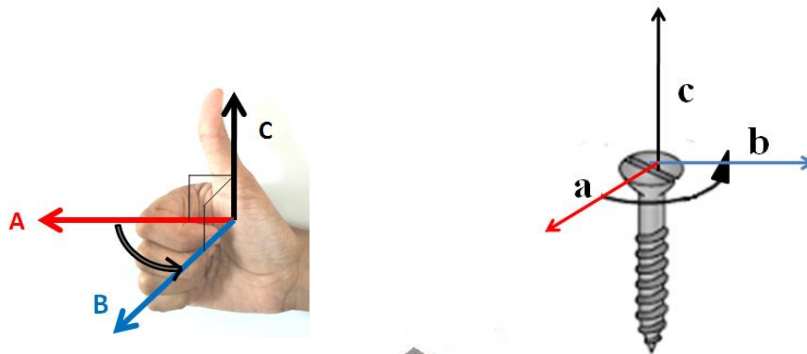


Gambar 2.21 Penentuan arah vektor dari hasil perkalian silang

Nilai  $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$  dapat ditentukan dengan persamaan

$$|\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = |\mathbf{a}||\mathbf{b}|\sin \theta \quad (2.12)$$

$\theta$  adalah sudut positif ( $\leq 180^\circ$ ) antara **a** dan **b**. Penentuan arah c dapat lebih mudah dengan menggunakan aturan tangan kanan (Boas, 1983). Aturan tangan kanan, kadang-kadang disebut *kaidah pegangan tangan kanan* atau *aturan pembuka botol*, *aturan jempol kanan* atau aturan sekrup digunakan dalam situasi dimana rotasi ditentukan oleh vektor.



Gambar 2.22 Penggunaan aturan tangan kanan dan sekrup dalam penentuan arah hasil perkalian vektor

Berdasarkan persamaan (2.12) dapat diketahui bahwa hasil perkalian silang dari 2 vektor paralel dan antiparalel memiliki nilai 0 ( $\sin 0^\circ$  dan  $\sin 180^\circ = 0$ ). Sehingga dapat disimpulkan bahwa

$$\mathbf{a} \times \mathbf{b} = 0 \text{ jika } \mathbf{a} \text{ dan } \mathbf{b} \text{ paralel atau antiparalel} \quad (2.13)$$

$$\mathbf{a} \times \mathbf{a} = 0 \text{ untuk semua } \mathbf{a}$$

Dalam tinjauan vektor satuan Persamaan 2.12 memberikan hasil

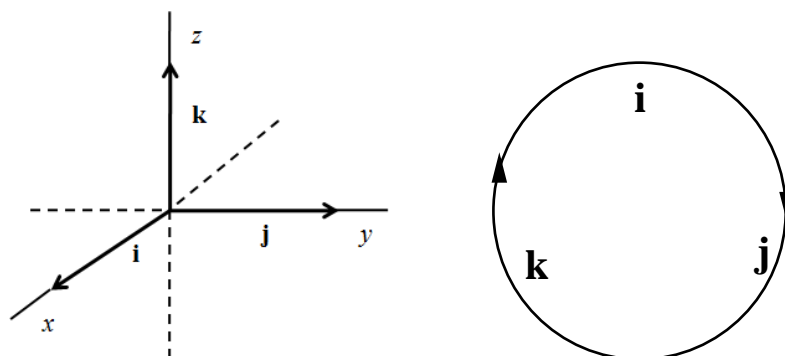
$$\mathbf{i} \times \mathbf{i} = \mathbf{j} \times \mathbf{j} = \mathbf{k} \times \mathbf{k} = 0 \quad (2.14)$$

Berdasarkan persamaan (2.12) juga didapatkan

$$|\mathbf{i} \times \mathbf{j}| = |\mathbf{i}||\mathbf{j}|\sin 90^\circ = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1 \quad (2.15)$$

Dengan menggunakan aturan tangan kanan pada Gambar 2.18 dan Gambar 2.19, maka perkalian vektor dari vektor-vektor satuan adalah

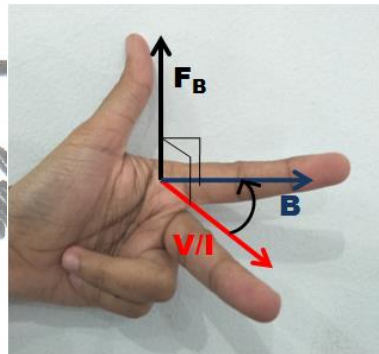
$$\begin{aligned} \mathbf{i} \times \mathbf{j} &= \mathbf{k}, & \mathbf{j} \times \mathbf{k} &= \mathbf{i}, & \mathbf{k} \times \mathbf{i} &= \mathbf{j} \\ \mathbf{j} \times \mathbf{i} &= -\mathbf{k}, & \mathbf{k} \times \mathbf{j} &= -\mathbf{i}, & \mathbf{i} \times \mathbf{k} &= -\mathbf{j} \end{aligned} \quad (2.16)$$



Gambar 2.23 Penentuan hasil kali vektor pada vektor satuan

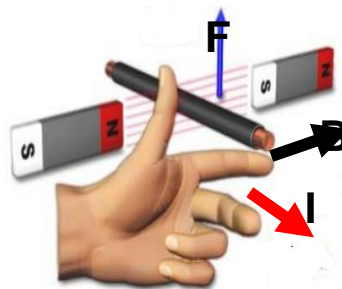


Aturan Fleming di dalam matematika dan fisika merupakan cara untuk membantu memahami konvensi notasi vektor tiga dimensi pada penentuan arah gaya magnet. Aturan ini diciptakan oleh fisikawan Inggris John Ambrose Fleming pada akhir abad ke-19. Aturan Fleming dikenal juga dengan kaidah tangan kiri seperti pada Gambar 2.24.



*Gambar 2.24 Penentuan arah gaya magnet dengan aturan Fleming (kaidah tangan kiri)*

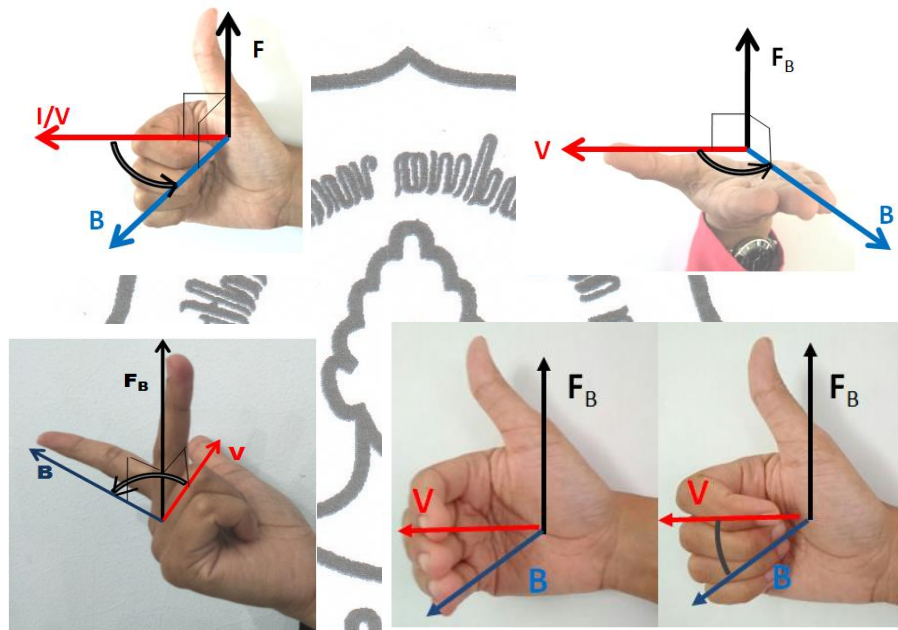
Aturan Fleming biasa digunakan pada penentuan arah putaran loop pada motor listrik seperti Gambar 2.19. Pada Gambar 2.25 disajikan penggunaan aturan Fleming (tangan kiri) pada kasus motor listrik. Prinsip dasar hasil kali perkalian vektor tetap menjadi acuan dalam aturan ini, bahwa aturan putar kiri atau berlawanan arah jarum jam **I** ke **B** (pada gaya magnet) atau **A** ke **B** (pada vektor).



*Gambar 2.25 Penerapan aturan Fleming (kaidah tangan kiri) pada penentuan gaya magnet kasus kawat berarus di sekitar medan magnet*

Pada awal penerapannya di medan magnet, aturan tangan kanan digunakan untuk menentukan hubungan arah arus listrik **I** dengan medan magnet **B**

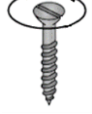
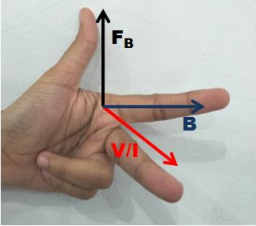
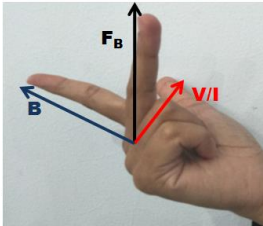
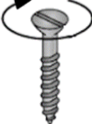
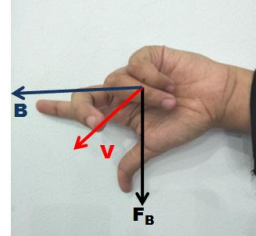
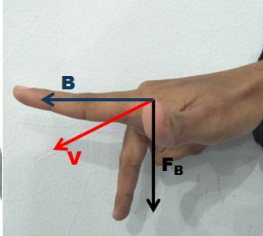
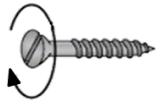
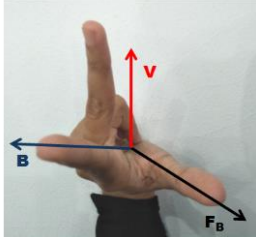
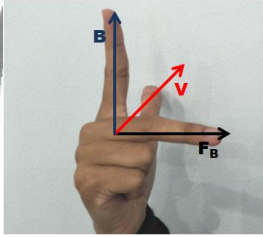
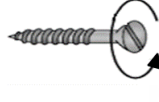
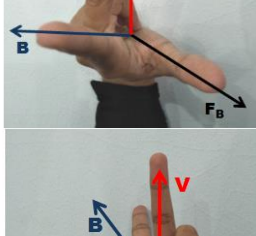
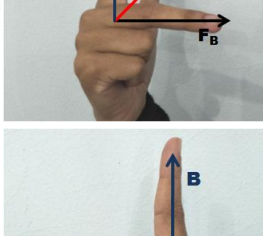
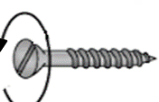
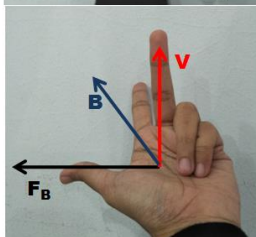
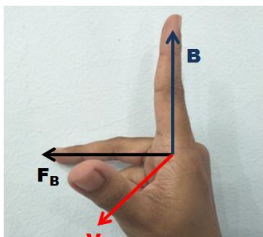
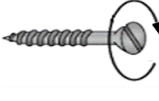
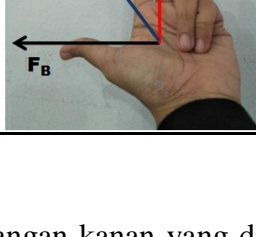
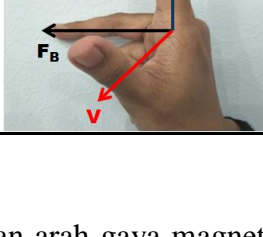
disekeliling kawat berarus listrik seperti pada Gambar 2.10. Namun pada praktiknya, penggunaan aturan tangan kanan juga digunakan dalam penentuan arah gaya magnet. Berdasarkan hasil penelitian awal ditemukan beberapa bentuk penggunaan aturan tangan kanan yang digunakan dalam menjelaskan arah gaya magnet seperti pada Gambar 2.26.



*Gambar 2.26 Beberapa alternatif penggunaan aturan tangan kanan dalam penentuan arah gaya magnet  $F_B$*

Pada Tabel 2.6 disajikan perbandingan aturan tangan kanan dengan aturan putaran sekrup. Tabel ini bertujuan untuk memberikan perbandingan bahwa kedua aturan tersebut merupakan cara dari penjelasan konsep penting yaitu perkalian vektor.

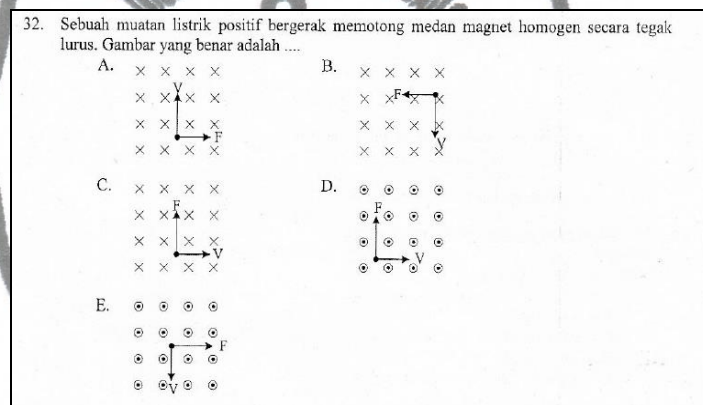
Tabel 2.6 Perbandingan aturan tangan kiri, aturan tangan kanan dengan aturan putaran sekrup

Aturan Sekrup	Aturan Tangan Kiri	Aturan Tangan Kanan
		
		
		
		
		
		

Aturan tangan kanan yang digunakan dalam penentuan arah gaya magnet sangatlah beragam. Pada Tabel 2.6 membandingkan 2 jenis aturan tangan kanan yang sering digunakan pada beberapa literatur dengan aturan sekrup putar kanan maupun aturan Fleming (aturan tangan kiri). Seperti pada gambar ketiga di Tabel tersebut, dengan menggunakan aturan sekrup putar kanan peserta didik hanya perlu memperhatikan bahwa vektor  $\mathbf{v}$  diputar ke arah vektor  $\mathbf{B}$ , terlepas dari sekrup akan menghadap ke kanan atau kiri. Sedangkan pada 2 aturan tangan kanan tersebut, meskipun sama-sama menggunakan prinsip hasil perkalian vektor,

bahwa arah gaya akan tegak lurus dari ke dua vektor tersebut namun memiliki pengandaian arah yang berbeda.

Berdasarkan analisis soal-soal medan magnet pada Ujian Nasional ditemukan bahwa penentuan arah gaya magnet yang menjadi permasalahan utama (Fatmaryanti, *et.al*, 2015). Pada Gambar 2.27 disajikan contoh soal UN tahun 2016. Simbol arah **B** masuk dan keluar bidang kertas pada soal menjadi salah satu penyebab peserta didik kesulitan merepresentasikan arah. Kesulitan lain adalah mempraktikkan aturan tangan kiri maupun aturan tangan kanan ketika sulit untuk diperagakan.



Gambar 2.27 Contoh soal penentuan arah gaya magnet pada UN tahun 2016

Penggunaan berbagai macam aturan tangan pada dasarnya tidak menjadikan permasalahan dengan syarat bahwa konsep dasar tentang aturan perkalian vektor dipahami dengan baik oleh peserta didik (Ambrosis & Ononrato, 2013; Fatmaryanti, *et.al.*, 2017). Aturan sekrup menjadi alternatif mudah dalam penentuan arah gaya ketika aturan tangan kanan maupun kiri sulit untuk dipraktikkan. Prinsip putaran arah  $\mathbf{v} \times \mathbf{I}$  diputar menuju **B** dapat diaplikasikan langsung sesuai dengan arah putaran sekrup, bahwa jika searah dengan jarum jam (putar kanan) maka sekrup akan masuk bidang atau menjauhi pengamat. Sedangkan jika berlawanan dengan jarum jam (putar kiri) maka sekrup akan terlepas, keluar bidang atau mendekati pengamat.

#### d. Penerapan Gaya Magnet

##### 1) Spektrometer Massa

Spektrometer massa adalah alat yang dapat menentukan massa atom dengan memanfaatkan prinsip gaya Lorentz. Atom yang akan diukur massanya mula-mula diionisasi sehingga bermuatan positif. Ion tersebut ditembakkan dalam medan magnet yang diketahui besarnya. Jika laju ion dapat ditentukan maka masa atom dapat dihitung berdasarkan pengukuran jari-jari lintasannya.

Agar massa atom dapat dihitung maka laju ion harus diketahui terlebih dahulu. Cara yang mudah adalah menggunakan selektor kecepatan. Selektor kecepatan memanfaatkan gaya listrik dan gaya magnet. Medan magnet dan medan listrik dibangkitkan dalam suatu ruang dalam arah yang saling tegak lurus. Gambar 2.28 adalah ilustrasi selektor kecepatan untuk partikel bermuatan listrik. Partikel bermuatan ditembakkan masuk ke dalam ruangan yang mengandung dua medan tersebut.

Suatu muatan yang bergerak dengan kecepatan  $v$  di dalam medan listrik  $E$  dan medan magnet  $B$  akan mengalami gaya listrik  $qE$  dan gaya magnet  $q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ . Gaya total inilah yang dikenal dengan nama gaya Lorentz yang bekerja pada muatan. Persamaan gaya Lorentz dapat dituliskan sebagai

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (2.17)$$

Pada Gambar 2.28 medan listrik homogen mempunyai arah vertikal ke bawah dan arah medan magnet homogen tegak lurus dengan medan listrik. Jika  $q$  adalah muatan positif dengan arah kecepatan ke kanan maka gaya magnet  $q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  akan ke atas dan gaya listrik  $qE$  akan ke bawah.

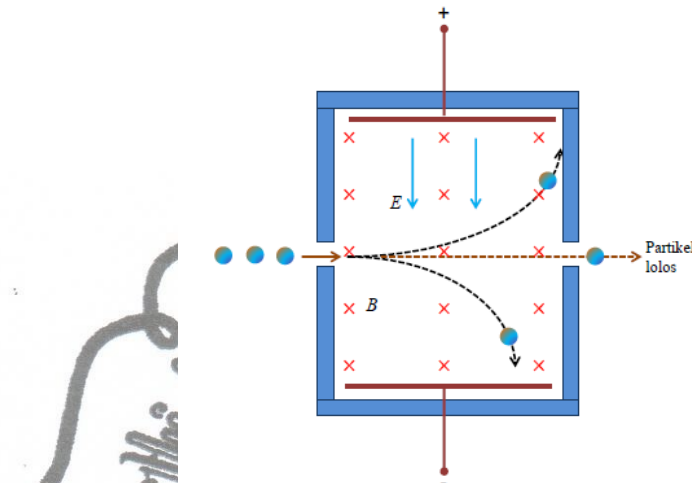
Besar medan listrik dan medan magnet diatur sedemikian rupa sehingga ke dua gaya tersebut persis sama besar dan berlawanan arah. Dalam keadaan demikian, partikel tidak mengalami pembelokkan. Jadi, agar lintasan partikel lurus maka harus terpenuhi persamaan

$$|\mathbf{F}_E| = |\mathbf{F}_B|$$



$$q|\mathbf{E}| = q|\mathbf{v}||\mathbf{B}|\sin\theta$$

$$qE = qvB \quad (2.18)$$



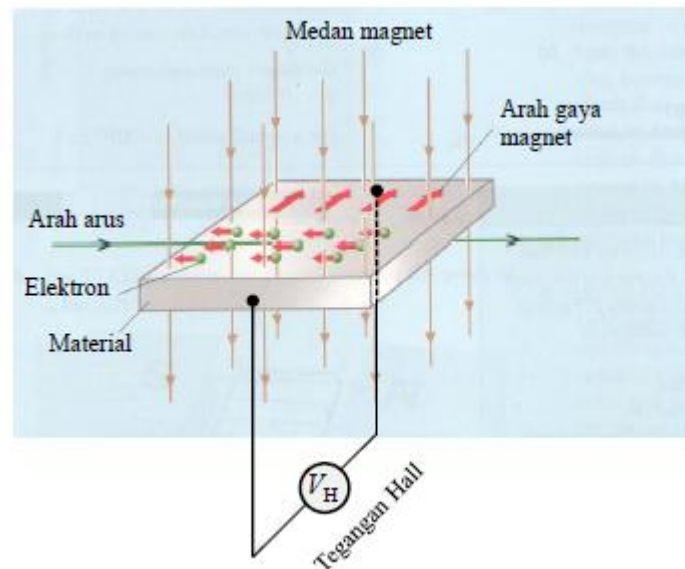
*Gambar 2.28 Dalam selektor kecepatan, medan listrik dan medan magnet menarik partikel dalam arah berlawanan. Hanya partikel yang ditarik dalam arah berlawanan dengan gaya yang sama besar yang bergerak dalam garis lurus.*

Berdasarkan persamaan (2.18) hanya partikel dengan laju  $v = E/B$  yang memiliki lintasan yang lurus. Partikel dengan laju lebih besar atau lebih kecil dari  $v = E/B$  mengalami pembelokkan. Jika di depan dan di belakang selektron kecepatan dipasan dua lubang dalam posisi lurus, dan partikel masuk di celah pertama maka hanya partikel dengan laju  $v = E/B$  yang dapat lolos pada celah kedua. Partikel dengan laju lebih besar atau lebih kecil tertahan oleh dinding dan tidak didapatkan di sebelah luar celah kedua. Dengan demikian, kita mendapatkan ion dengan kecepatan yang sudah tertentu yang keluar dari celah kedua.

## 2) Efek Hall

Fenomena gaya Lorentz diaplikasikan pula dalam menyelidiki material. Salah satu aplikasinya adalah menyelidiki sifat pembawa muatan listrik dalam

material berdasarkan suatu fenomena yang bernama efek Hall. Efek Hall adalah peristiwa terbentuknya beda potensial antara dua sisi material yang dialiri arus listrik ketika material tersebut ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus arah aliran muatan (arah arus).

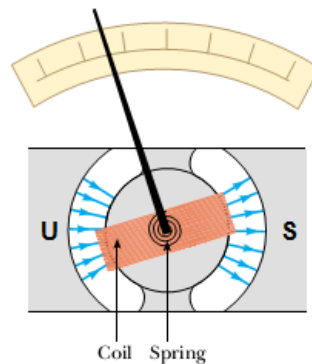


Gambar 2.29 Elektron yang mengalir dalam bahan membelok ke sisi bahan jika bahan tersebut ditempatkan dalam medan magnet.

Akibat adanya medan magnet maka muatan positif dan negatif mengalami pembelokan dalam arah berlawanan. Sehingga pada satu sisi permukaan benda terjadi penumpukan muatan positif dan pada sisi yang berlawanan terjadi penumpukan muatan negatif. Dua sisi benda seolah-oleh bersifat sebagai dua pelat sejajar yang diberi muatan listrik sehingga timbul beda potensial antara dua sisi tersebut. Beda potensial tersebut disebut tegangan Hall. Gambar 2.29 adalah ilustrasi pembelokan muatan listrik yang menghasilkan tegangan Hall. Dari nilai tegangan Hall maka dapat ditentukan konsentrasi pembawa muatan dalam material. Efek Hall merupakan metode yang sangat sederhana untuk menentukan kerapatan pembawa muatan (muatan per satuan volum) dalam bahan semikonduktor.

### 3) Galvanometer

Galvanometer merupakan komponen dasar dari beberapa alat ukur, seperti amperemeter, voltmeter, serta ohmmeter. Fungsi Peralatan ini adalah untuk mendeteksi dan mengukur arus listrik lemah. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.30.



*Gambar 2.30 Struktur Galvanometer dengan kumparan yang bergerak*

Elemen dasar dari galvanometer berupa kumparan bergerak. Kumparan tersebut terbuat dari kawat tembaga isolasi halus yang dapat berputar pada porosnya dalam medan magnet yang diberikan oleh suatu magnet permanen. Cara kerja galvanometer didasarkan pada fakta bahwa torsi bekerja pada loop arus di bawah pengaruh medan magnet. Semakin besar arusnya maka akan semakin besar torsi dan kumparan pun akan berputar semakin cepat. Penyimpangan jarum galvanometer dihubungkan dengan gerakan kumparan. Ketika alat ini terkalibrasi, maka dapat digunakan bersama-sama dengan elemen rangkaian lain untuk menghitung arus dan beda potensial

### 4) Motor Listrik

Motor listrik adalah peralatan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Prinsip kerja dari alat ini adalah ketika arus yang mengalir melalui kumparan di dalam medan magnet akan mengalami gaya yang digunakan untuk memutar kumparan. Pada kasus motor induksi, arus bolak-balik diberikan pada kumparan tetap (stator). Akibatnya akan menimbulkan

medan magnetik sekaligus menghasilkan arus di dalam kumparan berputar (*rotor*).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dalam pembelajaran peserta didik mengalami kesulitan dalam menggunakan hubungan dan model yang khusus untuk fenomena magnet (Saarelainen, 2011). Peserta didik dapat mendeteksi kehadiran listrik secara tidak langsung melalui indera, misalnya sengatan listrik, percikan listrik, tolakan elektrostatik dan tarik, tetapi tidak bisa merasa magnet dengan cara yang sama. Kesulitan lain yang muncul adalah ketika berhubungan dengan pemecahan masalah dan bentuk matematika seperti penggunaan vektor dan integral kalkulus dengan deskripsi fisika pada konsep medan magnet dan fluks (Bagno & Eylon, 1997). Penggunaan aturan-aturan magnet dalam berbagai situasi juga menjadi kendala dalam pembelajaran (Dunn & Barnabel, 2000). Temuan-temuan ini diperkuat juga dengan kesimpulan (Albe *et. al.*, 2001) bahwa aturan matematika digunakan hampir pada seluruh pembelajaran, yang pada akhirnya membuat hubungan fisika dipahami hanya sebagai operasi kalkulus.

Beberapa penjelasan awal dan penalaran tentang fenomena magnet yang sering berhasil digunakan dalam pembelajaran adalah menggunakan analogi (Bradamante & Viennot, 2007). Namun beberapa temuan yang menyiratkan bahwa peserta didik cenderung untuk menjelaskan fenomena magnet dengan menyalahgunakan analog dengan yang listrik Guisasola (2004). Dijelaskan bahwa peserta didik memahami sumber medan magnet disebabkan oleh muatan listrik. Dengan demikian konsep medan listrik dan magnetik yang disalahpahami, yang mengarah ke interpretasi dimana interaksi magnetik dijelaskan menggunakan gaya Coulomb.

Pembelajaran lain pada medan dan gaya magnet adalah memberikan pemahaman yang benar tentang bentuk gambar tiga dimensi terkait dengan formalisme matematika. Saglam & Millar (2006) menekankan kebutuhan untuk mengembangkan strategi pengajaran yang membantu peserta didik untuk memvisualisasikan pola medan magnet dan efek. Komputer berbasis simulasi dan pengukuran diterapkan karena peserta didik mengalami kesulitan dalam

konseptualisasi dan memvisualisasikan konsep fisik, khususnya fenomena yang terkait dengan medan elektromagnetik (Dori & Belcher, 2005; Martinez & Pontes, 2001).

Singkatnya, peneliti menemukan bahwa masalah yang masih timbul di magnetostatik yaitu dalam menghubungkan interaksi sumber medan magnet dengan gaya magnet dan menghubungkan hasil kali *cross* vektor dengan visualisasi. Banyak pertanyaan mengenai alasan kesulitan masih belum terjawab, dan ada kebutuhan untuk mengatasi kesulitan-kesulitan dengan meningkatkan pembelajaran. Ini adalah salah satu titik awal yang mendasari pemilihan materi untuk penelitian ini.

Beberapa bentuk multi representasi yang muncul pada materi kemagnetan dari beberapa penelitian terangkum dalam Tabel 2.7.

*Tabel 2.7 Berbagai bentuk representasi pada materi kemagnetan*

Bentuk Representasi	Penjelasan
<b>Gambar</b>	- Mengambarkan pola garis gaya magnet dan arah medan magnet berdasarkan pengamatan eksperimen dan dapat mengaplikasikannya pada berbagai bentuk soal (Dehaan & Olson, 2012)
<b>Matematis</b>	- Merumuskan hubungan antara kuat arus ( $I$ ), kuat medan magnet ( $B$ ) dan jarak ( $a$ ) berdasarkan pengamatan eksperimen - Merumuskan arah medan melalui konsep vektor (Albe, <i>et.al.</i> , 2001)
<b>Verbal</b>	- Menjelaskan secara lisan maupun tulisan definisi dari besar dan arah medan magnet dan hal-hal yang dapat mempengaruhi (Challapali, <i>et.al.</i> , 2013)

## B. Kerangka Berpikir Penelitian

Pembelajaran merupakan proses berpikir yang dilakukan dari seseorang dengan cara merespon fenomena alam berdasarkan penemuan empiris. Proses tersebut berupa mengamati, mengukur, menyelidiki, dan menalar. Berdasarkan analisis kebutuhan dari penelitian pendahuluan diketahui permasalahan yaitu 1) Kesulitan peserta didik dalam memahami konsep kemagnetan terutama dalam penentuan arah gaya magnet, 2) pada penerapan model pembelajaran inkuiri pada pembelajaran fisika adalah banyak guru menyatakan frustrasi karena pemahaman



peserta didik tidak segera muncul, dan tidak tahu apa yang harus dilakukan, 2) kemampuan generik sains peserta didik rendah, 3) model pembelajaran yang digunakan selama ini belum mengoptimalkan kemampuan generik sains, dan 4) belum menggunakan multi representasi pada pembelajaran konsep secara optimal.

Dengan demikian maka diperlukan suatu penelitian untuk mengembangkan model pembelajaran yang membimbing peserta didik untuk mengoptimalkan kemampuan generik sains dengan menggunakan inkuiri dan multi representasi.

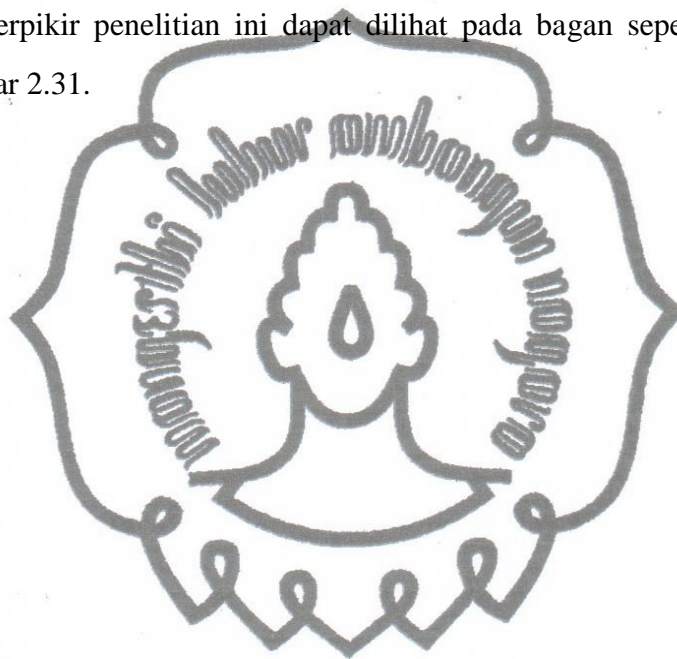
Model pembelajaran *Guided Inquiry* merupakan model yang menekankan keterampilan proses sains, hal ini bisa terlihat dari sintaks pembelajaran yang tersusun secara sistematis yang dimulai orientasi, merumuskan masalah, menyusun hipotesis, melakukan eksperimen sampai mengambil kesimpulan sehingga dengan demikian diharapkan mampu melatih peserta didik dalam kemampuan generik sains.

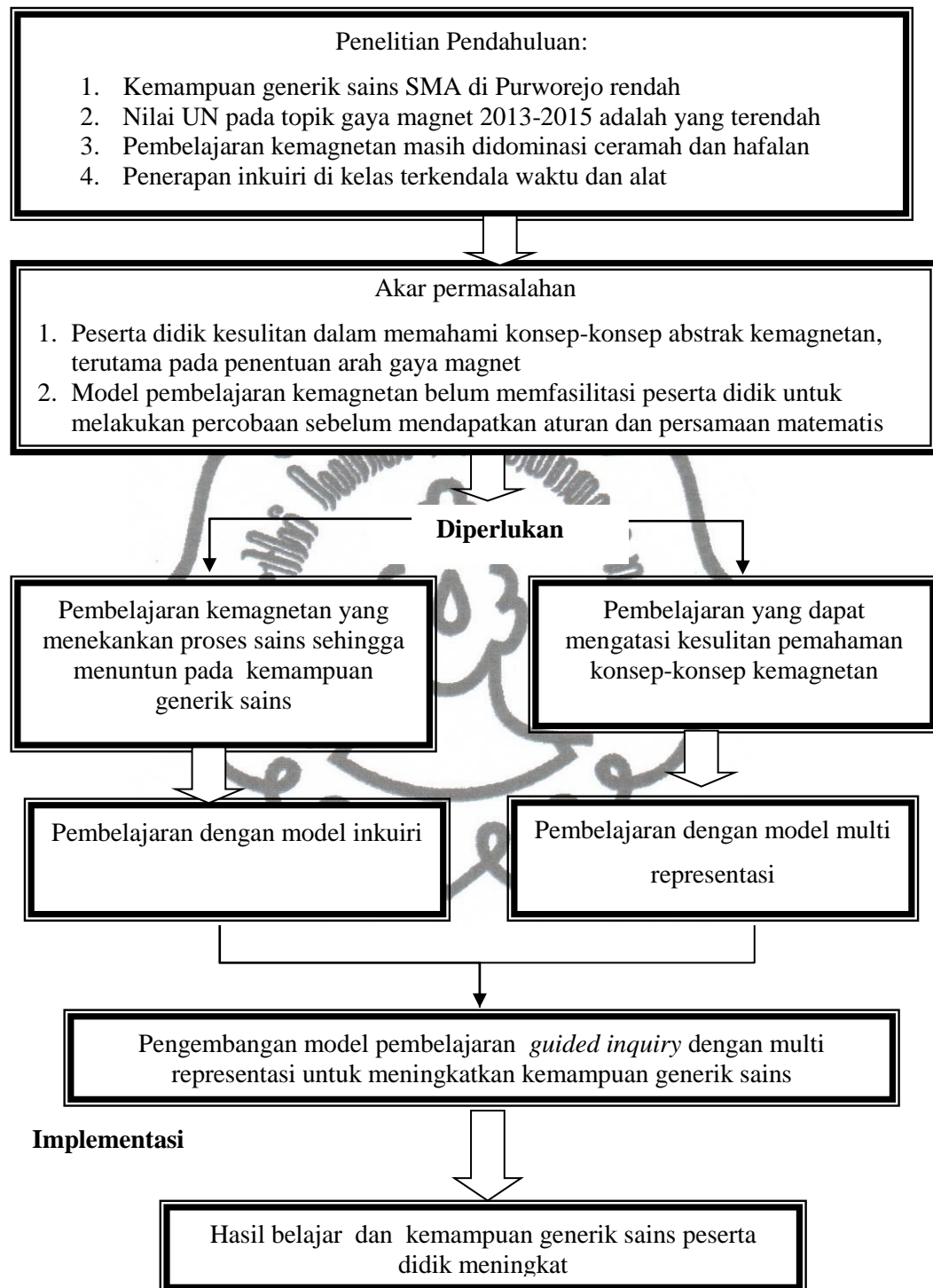
Sementara itu model pembelajaran multi representasi memberikan peluang kepada peserta didik untuk mempelajari suatu konsep dengan banyak cara. Multi representasi dapat membantu pemahaman peserta didik terhadap pengetahuan yang baru dikenal atau pengetahuan yang abstrak, bahkan dapat mengatasi kesalahan konsep.

Salah satu alternatif model pembelajaran yang dapat menjadi solusi dari permasalahan tersebut adalah model Pembelajaran *Guided Inquiry* dengan multi representasi. Adapun pertimbangan digunakannya model pembelajaran inkuiri dengan multi representasi ini sebagai berikut: 1) menurut Joice dan Weil (2004) model pembelajaran inkuiri sangat ideal untuk pembelajaran fisika dan dalam beberapa hasil penelitian telah terbukti dapat melatih kemampuan berpikir peserta didik dan meningkatkan hasil belajar peserta didik 2) model pembelajaran inkuiri memiliki prosedur dan langkah-langkah yang sistematis sehingga mudah diterapkan. 3) model pembelajaran multi representasi membantu pembelajaran pada konsep-konsep yang abstrak, memfasilitasi peserta didik dalam

mengungkapkan pemikirannya dengan berbagai bentuk representasi dan berpotensi mendorong peserta didik saling berdiskusi.

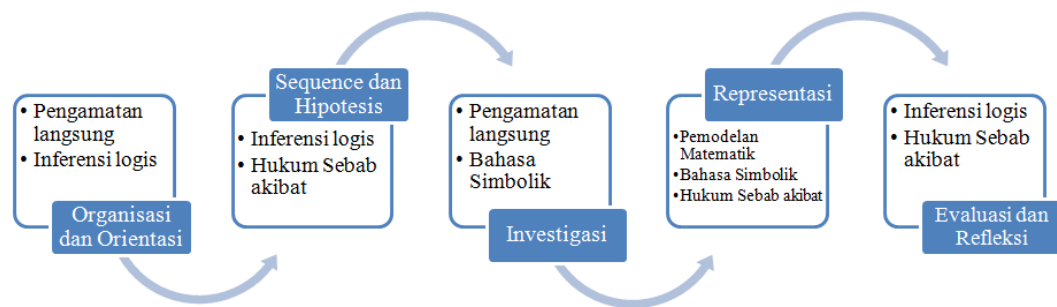
Sehingga dengan pertimbangan tersebut model pembelajaran GIMuR ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan pengamatan, kemampuan bahasa simbolik, kemampuan pemodelan matematik dan lainnya yang semua itu tertuang dalam konteks kemampuan generik sains peserta didik. Secara konseptual kerangka berpikir penelitian ini dapat dilihat pada bagan seperti yang terdapat pada Gambar 2.31.





Gambar 2.31 Bagan Kerangka Berpikir

Untuk mempermudah memahami keterkaitan antara model pembelajaran GIMuR dan kemampuan generik sains disajikan bagan keterkaitan antar komponen-komponen tersebut pada Gambar 2.32. Penjelasan lebih rinci disajikan pada Lampiran 23.



*Gambar 2.32 Keterkaitan Kemampuan Generik Sains pada Setiap Fase Model GIMuR*

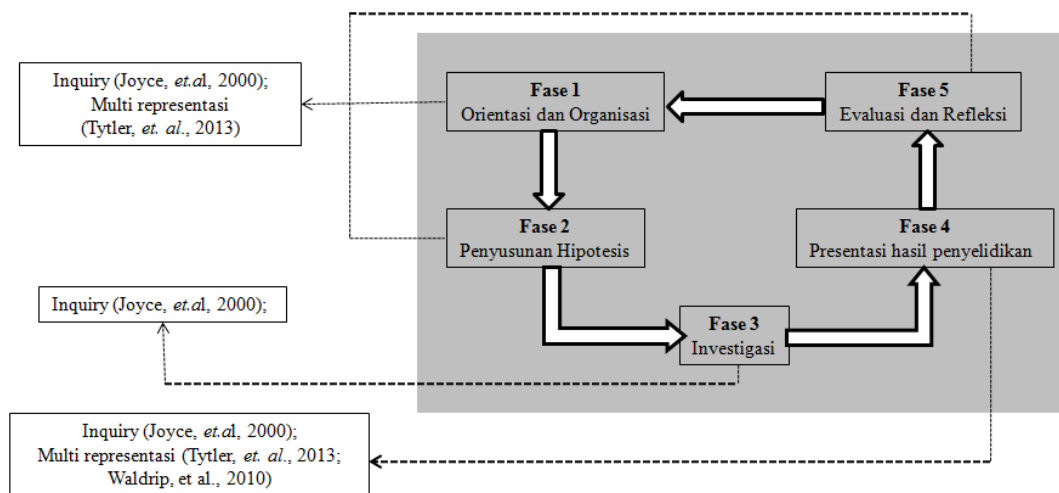
Selain meningkatkan kemampuan generik sains model pembelajaran GIMuR memiliki dampak pengiring yaitu meningkatkan sikap ilmiah peserta didik. Sikap ilmiah memiliki 5 aspek (rasa ingin tahu, tanggung jawab, bekerja sama, saling menghargai, dan santun) semuanya muncul pada setiap fase GIMuR.

### C. Model Hipotetik dan Pengembangannya

Berdasarkan pada beberapa model pembelajaran yang telah disebutkan sebelumnya, maka disusun sintak model pembelajaran GIMuR sebagai berikut.

1. Orientasi dan organisasi
2. Penyusunan Hipotesis
3. Investigasi
4. Presentasi hasil penyelidikan
5. Evaluasi dan Refleksi

Sintak pembelajaran di atas dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.33. Bagan Model Hipotetik Pengembangan Model Pembelajaran GIMuR