

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidikan menurut Redja Mudyahardjo (2012: 11) pada dasarnya merupakan usaha sadar yang dilakukan oleh keluarga, masyarakat, dan pemerintah melalui kegiatan bimbingan pengajaran dan/atau latihan yang berlangsung di sekolah dan di luar sekolah sepanjang hayat untuk mempersiapkan peserta didik agar dapat memainkan peranan dalam berbagai lingkungan hidup secara tepat dimasa yang akan datang.

Dalam Undang-Undang No. 2 tahun 1989 Pasal 4 dijelaskan bahwa tujuan dari pendidikan nasional adalah untuk mencerdaskan kehidupan bangsa dan mengembangkan manusia Indonesia yang seutuhnya yaitu manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan berbudi pekerti luhur, memiliki pengetahuan dan keterampilan, kesehatan jasmani dan rohani, kepribadian yang mantap dan mandiri serta bertanggung jawab kemasyarakatan dan kebangsaan.

Proses belajar mengajar atau proses pengajaran tersebut merupakan kegiatan melaksanakan kurikulum suatu lembaga pendidikan agar dapat mempengaruhi para siswa mencapai tujuan pendidikan yang telah ditetapkan (Nisa et al dalam Sholihat, 2017). Untuk mencapai tujuan pendidikan tersebut, seorang guru sebagai pendidik memiliki peran dan pengaruh sangat penting untuk siswa dalam membangun karakter siswa di sekolah dan harus mampu menciptakan suasana belajar mengajar yang aktif, menyenangkan, dan membuat

siswa terkesan dalam kegiatan pembelajaran agar siswa dapat menyerap dan menerima ilmu yang mereka dapatkan sebagai bekal kehidupannya kelak. Khususnya dalam mata pelajaran fisika yang memiliki tujuan pembelajaran, salah satunya adalah untuk menghantarkan siswa menguasai konsep-konsep fisika dan menghubungkan konsep fisika tersebut dengan kehidupan sehari-hari (Saputri et al dalam Sholihat, 2017). Sehingga siswa memiliki pemahaman konsep fisika yang sesuai dengan literatur dan kesepakatan para ahli. Pemahaman konsep itu sendiri merupakan dasar dari sebuah konsep sebelum siswa menjabarkan konsep tersebut ke dalam rumus-rumus (Amin et al dalam Sholihat, 2017).

Kompetensi Inti (KI-3) Kurikulum 2013 kelas XI pada mata pelajaran fisika bertujuan agar siswa mampu memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah. Maka sesuai dengan hal itu, siswa diharapkan memiliki kecakapan menguasai setiap konsep dan prinsip dalam fisika. Jika konsep yang dimiliki oleh siswa sudah menyimpang dari konsep ilmiah, maka hal itulah yang akan menyebabkan miskonsepsi.

Namun dalam faktanya, selama proses kegiatan pembelajaran di kelas, umumnya masih memusatkan guru sebagai sumber belajar atau *teacher centered*. Hal ini dapat menyebabkan siswa tidak selalu dapat menyerap informasi yang

disampaikan pendidik sepenuhnya, khususnya pada mata pelajaran fisika yang memuat banyak konsep ilmiah, sehingga adakalanya konsep yang dipahami siswa tidak sesuai atau berbeda dengan konsep yang dianut oleh para ahli (Syahrul et al dalam Sholihat, 2017). Ketidaksesuaian pemahaman konsep yang sering dialami oleh siswa disebut dengan miskonsepsi atau konsep alternatif. Miskonsepsi merupakan suatu hambatan besar bagi diri siswa untuk memahami dan menguasai materi karena miskonsepsi dapat dikatakan suatu kesalahan.

Pada kenyataannya, tidak semua siswa yang mengikuti proses pembelajaran mampu memahami konsep fisika yang dipelajarinya. Kebanyakan siswa beranggapan bahwa pelajaran fisika adalah pelajaran yang sulit dan rumit untuk dipelajari serta banyak rumus sehingga konsep dan prinsip fisika sulit dipahami dan dicerna (Busra dalam Maunah N, 2014). Berdasarkan angket yang diberikan kepada siswa kelas X-5 dan XI IPA 2 SMAN 1 Babat, 50 siswa dari total 66 siswa (75,76%) menyatakan bahwa pelajaran fisika sulit dipelajari dengan alasan terbanyak karena banyaknya hafalan, rumus, dan hitungan.

Menurut Wandersee dalam Paul Suparno (2013: 11), miskonsepsi terjadi dalam semua bidang fisika. Dari 700 studi tentang miskonsepsi bidang fisika, terdapat 300 studi yang meneliti tentang miskonsepsi dalam mekanika; 159 studi tentang listrik; 70 studi tentang panas, optika, dan sifat-sifat materi; 35 studi tentang bumi dan antariksa; serta 10 studi tentang fisika modern. Sehingga dari data di atas, dapat diketahui bahwa konsep mekanika berada dalam urutan pertama mengenai persoalan miskonsepsi.

Menurut Nainggolan (2016) bahwa miskonsepsi atau salah konsep merujuk pada suatu konsep yang tidak sesuai dengan pengertian ilmiah ataupun pengertian yang diterima oleh para pakar. Misalnya siswa berpendapat bahwa pada saat seseorang mendorong mobil dan mobil belum bergerak, tidak ada gaya yang bekerja pada mobil tersebut. Konsep tersebut salah karena meskipun mobil itu tidak bergerak, pada mobil itu terjadi gaya yang diakibatkan oleh dorongan tersebut (Nainggolan J, 2016).

Wahidah S (2016) mengatakan bahwa siswa berdasarkan usia, gender, dan kemampuan cenderung membawa miskonsepsi yang berasal dari pengalaman pribadi maupun hasil interaksi sosial. Miskonsepsi dapat terjadi akibat keterbatasan dalam pengamatan dan pengalaman di lingkungan sehari-hari (Yin et al dalam Wahidah S, 2016). Susanti (dalam Wahidah S, 2016) mengatakan bahwa miskonsepsi juga dapat diperoleh dari pengalaman yang berbeda-beda dan sumber informasi yang tidak akurat. Hal ini menjadi dasar yang buruk bagi siswa dalam mengonstruksikan pengetahuan mereka. Siswa dapat dengan baik menggunakan satu konsep pada konteks tertentu, tetapi dapat pula mengalami miskonsepsi pada konsep yang sama namun pada konteks yang berbeda. Mereka memerlukan bantuan secara tepat dan sedini mungkin agar dapat mengatasi miskonsepsi tersebut (Susanti dalam Wahidah S, 2016).

Salah satu cara untuk mengetahui adanya miskonsepsi pada siswa adalah dengan melakukan tes diagnostik. Tes diagnostik adalah tes yang dapat digunakan untuk mengetahui secara tepat dan memastikan kelemahan dan kekuatan siswa pada pelajaran tertentu (Zaleha et al, 2017). Dalam kegiatan belajar mengajar,

perlu adanya suatu tes yang dapat mendiagnostik keberhasilan siswa setelah melewati suatu proses pembelajaran. Kata diagnostik banyak digunakan dalam dunia kedokteran, psikologi, dan pendidikan. Rupp et al (2010) dalam Zaleha (2017) menyatakan diagnostik berarti usaha untuk mengetahui secara tepat (*to know precisely*), untuk memutuskan (*to decide*), dan untuk sependapat (*to agree upon*). Rejaswari (2004) dalam Zaleha (2017) menyatakan tes diagnostik adalah tes yang digunakan untuk mendiagnosa kelemahan dan kekuatan siswa pada pelajaran tertentu. Zhongbao Zhao (2013) dalam Zaleha (2017) menyatakan tes diagnostik utamanya adalah untuk mengetahui kekuatan dan kelemahan siswa dan memberi masukan kepada guru dan siswa untuk membuat keputusan terkait dengan perbaikan proses mengajar dan proses belajar.

Berdasarkan tiga pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa tes diagnostik adalah tes yang dapat digunakan untuk mengetahui secara tepat dan memastikan kelemahan dan kekuatan siswa pada pelajaran tertentu. Bagi guru tes diagnostik merupakan informasi yang dapat digunakan untuk membarui proses pembelajaran, sedangkan bagi siswa dapat digunakan untuk memperbaiki proses belajar (Zaleha et al, 2017).

Depdiknas (2007) memaknai tes diagnostik sebagai tes yang dapat digunakan untuk mengetahui kelemahan dan kekuatan siswa. Oleh karena itu, hasil dari tes diagnostik dapat digunakan sebagai dasar untuk memberikan tindakan lanjutan berupa perlakuan yang tepat dan sesuai dengan kelemahan yang dimiliki siswa tersebut.

Tes diagnostik telah banyak dikembangkan untuk menganalisis miskonsepsi siswa lebih dalam. Tes diagnostik dapat berupa tes berbentuk soal pilihan ganda maupun uraian. Tes diagnostik yang baik dapat memberikan gambaran akurat mengenai miskonsepsi yang dialami oleh siswa berdasarkan informasi kesalahan yang dibuatnya. Pertanyaan diagnostik yang baik tidak hanya menunjukkan bahwa siswa tidak memahami bagian materi tertentu, akan tetapi juga dapat menunjukkan bagaimana siswa berpikir dalam menjawab pertanyaan yang diberikan meskipun jawaban mereka tidak benar (Fariyani, 2015: 42).

Tes diagnostik miskonsepsi sendiri dapat disajikan dalam berbagai metode. Sebuah penelitian yang meneliti artikel ilmiah tentang tes diagnostik dengan tahun terbit antara 1980-2014 di Inggris mengungkapkan bahwa dari 273 artikel yang diteliti, 53% menggunakan metode wawancara, 34% tes jawaban terbuka, 32% pilihan ganda, 13% tes pilihan ganda bertahap, dan 9% dengan metode lain-lain (Gurel, Eryilmaz, & McDermott, 2015). Setiap metode memiliki kekurangan dan kelebihan, namun Reynolds dalam Caleon & Subramaniam (2009) menyatakan bahwa tes pilihan ganda memiliki kelebihan serba guna, efisien, objektif, mudah digunakan, dan lebih sedikit terpengaruh oleh tendensi seseorang dalam menjawab pilihan ganda dengan cara tertentu. Pilihan ganda lebih mudah digunakan daripada metode lainnya terutama jika ingin diujikan pada sebuah populasi. Dilain sisi juga dijelaskan bahwa pilihan ganda memiliki satu kelemahan utama, yaitu tidak bisa membedakan jawaban benar sebab alasan yang benar atau alasan yang salah (Caleon & Subramaniam, 2009). Alhasil tes pilihan

multi tahap dikembangkan dengan tujuan mengimbangi kekurangan dari tes pilihan ganda umumnya dalam mendiagnosis miskonsepsi siswa.

Soal pilihan ganda untuk mendeteksi miskonsepsi siswa telah dikembangkan dari *one-tier* menjadi *two-tier*, *three-tier* dan *four-tier*. *Four tier diagnostic test* merupakan pengembangan dari *three tier diagnostic test* yang terdiri atas soal pilihan ganda dengan 3 pengecoh dan 1 kunci jawaban yang harus dipilih siswa, tingkat keyakinan siswa dalam memilih jawaban, alasan siswa menjawab pertanyaan dengan 3 alasan siswa menjawab pertanyaan dan 1 alasan terbuka serta tingkat keyakinan siswa dalam memilih alasan (Wilantika et al, 2018).

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul “Analisis Miskonsepsi Fisika Siswa pada Materi Mekanika dengan Menggunakan *Four Tier Multiple Choice Diagnostic Test* Kelas XI di SMA Negeri Sekota Medan T.P. 2018/2019”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah-masalah yang relevan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Pemahaman konsep fisika siswa yang masih rendah
2. Miskonsepsi terjadi pada siswa yang pandai dan juga yang kurang pandai
3. Miskonsepsi cenderung berasal pengalaman pribadi maupun hasil interaksi sosial
4. Nilai mata pelajaran fisika siswa yang masih rendah
5. Kebanyakan siswa hanya menghafal rumus tanpa memahami konsep fisika
6. Siswa banyak mengalami miskonsepsi terutama pada materi mekanika
7. Keterbatasan kemampuan peneliti
8. Keterbatasan dana dalam penelitian

C. Batasan Masalah

Melihat banyaknya permasalahan di atas dan keterbatasan kemampuan peneliti, maka permasalahan yang akan diteliti dibatasi pada analisis tingkat miskonsepsi fisika siswa pada materi mekanika kelas XI di SMA Negeri Sekota Medan T.P. 2018/2019 dengan menggunakan *four tier multiple choice diagnostic test*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisis tingkat miskonsepsi fisika siswa pada materi mekanika kelas XI di SMA Negeri Sekota Medan T.P. 2018/2019 dengan menggunakan *four tier multiple choice diagnostic test*?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang, batasan masalah, dan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat miskonsepsi fisika siswa pada materi mekanika kelas XI di SMA Negeri Sekota Medan T.P. 2018/2019 dengan menggunakan *four tier multiple choice diagnostic test*.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peserta Didik

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan cara belajar siswa agar dapat dengan mudah memahami konsep pembelajaran terutama pada permasalahan konsep mekanika.

2. Bagi Guru

Menjadi bahan pertimbangan terutama bagi guru dalam upaya memaksimalkan prestasi belajar siswa dalam menyelesaikan soal dengan menggunakan *four tier multiple choice diagnostic test*.

3. Bagi Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru dan pengalaman praktis dalam bidang penelitian, disamping itu juga dapat dijadikan sebagai bekal ketika sudah menjadi tenaga pendidik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kerangka Teoritis

Dalam kegiatan penelitian ilmiah, landasan teoritis merupakan hal-hal yang berkaitan dengan apa yang dikaji dalam suatu penelitian. Teori tersebut digunakan sebagai landasan pemikiran atau acuan bagi pembahasan masalah yang diteliti. Oleh karena itu, peneliti akan menuliskan beberapa pendapat para ahli yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti, yang bertujuan untuk kejelasan uraian suatu penelitian.

1. Pemahaman

a) Pengertian Pemahaman

Menurut Purwanto (2004: 44) dalam Agustianih (2017), pemahaman dapat disebut juga tingkat kemampuan yang mengharapkan seseorang memahami arti atau konsep, situasi, serta fakta yang diketahuinya. Pemahaman dapat diartikan suatu kemampuan seseorang untuk mengerti dan memahami sesuatu setelah tahu dan ingat (Sudijono, 2013: 50) dalam Agustianih (2017). Pemahaman dapat diartikan juga mengonstruksikan makna dari pesan-pesan pembelajaran yang diberikan dalam berbagai aspek (Longman, 2010: 105) dalam Agustianih (2017). Pemahaman merupakan salah satu tipe hasil belajar yang lebih tinggi dari pengetahuan, seseorang dapat menjelaskan dengan kalimatnya

sendiri sesuatu yang dibaca atau didengarnya, memberi contoh lain dari yang telah dicontohkan atau menggunakan penerapan contoh lain (Sudjana, 2009: 24) dalam Agustianih (2017).

Berdasarkan definisi-definisi dari beberapa para ahli di atas, maka pemahaman dapat diartikan sebagai kemampuan yang dimiliki oleh seseorang untuk mengerti dan memahami sehingga dapat membangun sendiri makna dari pesan-pesan yang disampaikan.

b) Kategori Pemahaman

Pemahaman dapat dibedakan dalam tiga kategori berdasarkan tingkatannya, yaitu sebagai berikut:

1. Pemahaman terjemahan,
2. Pemahaman penafsiran, dan
3. Pemahaman ekstrapolasi (Purwanto, 2004: 44) dalam Agustianih (2017).

Tingkatan yang terendah berupa pemahaman terjemahan dimana seseorang dapat menerjemahkan dalam arti yang sebenarnya dari suatu konsep (Sudjana, 2010: 24). Tingkatan yang kedua berupa pemahaman penafsiran dimana seseorang mampu menghubungkan bagian-bagian pengetahuan yang diperoleh sebelumnya dengan pengetahuan yang baru atau menghubungkan beberapa bagian grafik dengan kejadian, dan membedakan yang pokok dan bukan pokok (Sudjana, 2010:24). Tingkatan pemahaman yang tertinggi berupa pemahaman ekstrapolasi dimana

seseorang dapat memperluas persepsi dalam arti waktu, dimensi, kasus ataupun masalah (Sudjana, 2010:24).

2. Konsep

a) Definisi Konsep

Konsep menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah ide atau pengertian yang diabstrakkan dari peristiwa konkret. Konsep adalah kategori-kategori yang mengelompokkan objek, kejadian, dan karakteristik berdasarkan properti umum. Menurut Hahn dan Ramscar dalam Santrock (2010: 352), mendefinisikan konsep sebagai suatu elemen kognisi yang membantu menyederhanakan dan meringkas informasi. Menurut Ormrod (2008: 327) dalam Efriani, dkk (2019), menyatakan bahwa konsep adalah cara mengelompokkan dan mengategorikan secara mental berbagai objek atau peristiwa yang mirip dalam hal tertentu. Menurut Arends (2008) dalam Rochmad, dkk (2018), konsep merupakan alat yang dipakai untuk mengorganisasikan berbagai pengetahuan dan pengalaman ke dalam berbagai bentuk kategori. Pendapat lainnya dikemukakan oleh Slavin, Slavin dalam Rochmad, dkk (2018), berpendapat bahwa konsep adalah suatu gagasan abstrak yang digeneralisasi dari contoh-contoh khusus (Slavin, 2008: 298).

Suatu konsep dapat dianggap sebagai suatu unit pikiran atau gagasan yang tidak dapat berdiri sendiri tetapi saling berhubungan satu sama lain dalam suatu sistem dinamis yang disebut sistem konseptual. Van Den Berg dalam Affandy Siregar (2014: 15), menyatakan konsep adalah

benda-benda, kejadian-kejadian, situasi-situasi, atau ciri-ciri yang memiliki khas dan terwakili dalam setiap budaya oleh suatu tanda dan simbol.

b) Dimensi Konsep

Menurut Flavell (Dahar, 2011), ada tujuh dimensi konsep yaitu sebagai berikut:

1) Atribut

Setiap konsep mempunyai sejumlah atribut yang berbeda. Contoh-contoh konsep harus mempunyai atribut yang relevan dan atribut yang tidak relevan.

2) Struktur

Struktur menyangkut cara terkaitnya atau tergabungnya atribut-atribut.

Ditinjau dari strukturnya, konsep terbagi dalam tiga jenis yaitu:

- a. Konsep konjungtif adalah konsep yang didalamnya memiliki dua atau lebih sifat sehingga dapat memenuhi syarat sebagai contoh konsep.
- b. Konsep disjungtif adalah konsep yang didalamnya terdapat satu dari dua atau lebih sifat harus ada.
- c. Konsep relasional ialah hubungan antara atribut konsep.

3) Keabstrakan

Konsep dapat dilihat dan konkret atau konsep itu terdiri atas konsep lain.

4) Keinklusifan

Ditunjukkan pada contoh yang terlibat dalam konsep itu.

5) Generalitas atau Keumuman

Konsep dapat saja berbeda dalam posisi super ordinat ataupun sub ordinat jika diklasifikasikan.

6) Ketepatan

Ketepatan suatu konsep menyangkut apakah ada sekelompok aturan untuk membedakan contoh dengan non contoh suatu konsep.

7) Kekuatan

Kekuatan suatu konsep ditentukan sejauh mana orang menyetujui bahwa konsep itu penting.

c) Perolehan Konsep

Menurut Ausabel dalam Dahar (2011: 64), untuk memperoleh konsep dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pembentukan konsep dan asimilasi konsep. Menurut Ausabel bahwa konsep-konsep diperoleh dengan cara formasi konsep yang merupakan perolehan konsep-konsep sebelum anak-anak masuk sekolah. Sedangkan menurut Gagne formasi konsep itu dapat disamakan dengan belajar konsep-konsep konkret dan asimilasi konsep merupakan cara utama memperoleh konsep selama dan sesudah sekolah (Sagala, 2013: 73).

Menurut Ausabel dalam Dahar (2011: 64), pembentukan konsep adalah suatu proses induktif. Pada proses ini seseorang yang dihadapkan dengan stimulus lingkungan, mengabstraksi sifat atau atribut tertentu yang sama dari berbagai stimulus. Proses ini merupakan suatu bentuk belajar penemuan. Anak pertama kali memperoleh konsep berdasarkan pengalaman

stimulus lingkungan, setelah masuk dalam masa sekolah mereka akan melakukan asimilasi konsep dengan apa yang mereka pelajari. Proses asimilasi konsep adalah suatu proses yang bersifat deduktif, berlawanan dengan proses pembentukan konsep. Pada proses ini anak diberi nama konsep dan atribut konsep. Anak-anak akan belajar arti konseptual baru dengan penyajian atribut-atribut kriteria konsep, kemudian menghubungkan atribut tersebut dengan gagasan/ide relevan yang telah ada dalam struktur kognitif mereka.

d) Pencapaian Konsep

Konsep berkembang melalui beberapa tingkatan. Menurut Dahar (2011: 69), tingkatan-tingkatan tersebut dimulai dengan hanya mampu menunjukkan suatu konsep sampai dapat menjelaskan atribut-atribut konsep. Adapun tingkat pencapaian konsep menurut Klausmeier (Dahar, 2011), terdapat empat tingkatan pencapaian konsep yaitu sebagai berikut:

1) Tingkat Konkret

Seseorang telah mencapai tingkat konkret jika mengenal benda yang dihadapinya. Pada tingkatan ini, ketika seseorang diperlihatkan suatu benda dan dapat membedakan benda tersebut dari stimulus-stimulus yang ada di lingkungannya, menyajikannya sebagai suatu gambaran mental, dan menyimpannya maka mereka telah mencapai tingkat konkret.

2) Tingkat Identitas

Pada tingkatan ini, seseorang akan mengenal suatu objek: a) sesudah selang waktu; b) bila orang itu memiliki orientasi ruang yang berbeda terhadap objek tersebut; dan c) bila objek itu ditentukan melalui suatu cara indra yang berbeda. Selain ketiga operasi yang dibutuhkan untuk pencapaian tingkat konkret, yaitu memerhatikan, mendiskriminasi, dan mengingat, siswa harus dapat membuat generalisasi untuk mengenal bahwa dua atau lebih bentuk identik dari suatu benda yang sama adalah anggota dari kelas yang sama.

3) Tingkat Klasifikasi

Pada tingkatan ini, siswa mengenal persamaan dari dua contoh yang berbeda dari kelas yang sama. Walaupun siswa tidak dapat menentukan kriteria atribut maupun menentukan kata yang dapat mewakili konsep, ia mengklasifikasikan contoh-contoh dan non contoh dari konsep, walaupun mempunyai banyak atribut yang mirip.

4) Tingkat Formal

Siswa telah mencapai konsep pada tingkatan formal jika siswa dapat memberi nama konsep itu, mendefinisikan konsep-konsep dalam atribut-atribut yang membatasinya, mendiskriminasi dan memberi nama atribut-atribut yang membatasi, dan mengevaluasi atau memberikan secara verbal contoh dan non contoh dari konsep.

e) Pendekatan Belajar Konsep

Menurut Dahar (2011: 65-66), ada dua macam pendekatan yang dapat dilakukan dalam belajar konsep yaitu sebagai berikut:

1) Pendekatan Kognitif

Pada pendekatan ini, belajar dipusatkan pada proses perolehan konsep dalam sifat konsep dan bagaimana konsep itu disajikan dalam struktur kognitif. Dalam studi kognitif tentang perolehan konsep, dikatakan bahwa konsep konjungtif lebih mudah dipelajari daripada konsep disjungtif ataupun konsep relasional dan belajar konsep lebih mudah menggunakan paradigma selektif dibandingkan dengan paradigma reseptif.

2) Pendekatan Dewasa

Belajar konsep dapat dilakukan di laboratorium maupun di sekolah. Ada perbedaan proses belajar konsep dalam laboratorium dan sekolah yang diungkapkan oleh Carrol (Agustianih, 2017), yaitu:

- a) Kedua bentuk konsep berbeda dalam sifat. Konsep yang dipelajari di sekolah biasanya suatu konsep baru, bukan kombinasi buatan atribut yang dikenal.
- b) Konsep yang dipelajari di sekolah bergantung pada atribut konsep-konsep yang sulit.
- c) Studi di laboratorium lebih memberi penekanan belajar konsep secara konjungtif.

- d) Studi laboratorium lebih menekankan pendekatan induktif tentang belajar konsep, sedangkan konsep yang dipelajari di sekolah lebih menekankan pendekatan deduktif.

f) Pengetahuan Konsep

Pengetahuan konsep dapat dipahami sebagai pengetahuan yang dimiliki seseorang mengenai pengaturan dan penyusunan pokok bahasan, menghubungkan potongan-potongan informasi dan mengaitkannya secara sistematis, dan bagian-bagian tersebut berfungsi bersama-sama (Suwanto, 2013: 10). Suwanto (2013: 10) mengemukakan pengetahuan konsep meliputi tiga jenis pengetahuan yaitu sebagai berikut.

1) Pengetahuan Klasifikasi dan Kategori

Pengetahuan klasifikasi dan kategori meliputi kategori, kelas, pembagian, dan penyusunan spesifik yang digunakan dalam pokok bahasan yang berbeda. Dengan pengetahuan ini siswa dapat menyusun dan mengatur fenomena yang ada dan membentuk penghubung-penghubung antar fenomena. Pengetahuan ini lebih umum dan lebih abstrak.

2) Pengetahuan Prinsip dan Generalisasi

Pengetahuan prinsip dan generalisasi meliputi pengetahuan dari abstraksi-abstraksi tertentu yang merangkum pengamatan-pengamatan fenomena. Abstraksi ini memiliki manfaat yang paling besar dalam menggambarkan, memprediksi, menjelaskan, atau menentukan tindakan atau petunjuk yang paling tepat dan relevan yang akan diambil. Prinsip

dan generalisasi bersama-sama membawa sejumlah fakta dan peristiwa spesifik, menggambarkan proses dan hubungan antara detail-detail spesifik, dan lebih lanjut menjelaskan proses-proses dan hubungan antara klasifikasi dan kategori.

3) Pengetahuan Teori, Model, dan Struktur

Pada tingkatan pengetahuan ini meliputi pengetahuan prinsip-prinsip dan generalisasi-generalisasi serta hubungan keduanya yang disajikan dengan pandangan sistemis, jelas, dan bulat mengenai fenomena, masalah, dan pokok bahasan yang kompleks.

3. Pemahaman Konsep

Pemahaman konsep merupakan pengetahuan yang dipelajari siswa secara bermakna dan terintegrasi baik mengenai suatu topik, termasuk membentuk banyak hubungan logis di antara berbagai konsep dan gagasan spesifik (Ormrod, 2008: 343-344). Pemahaman suatu konsep berarti menguasai elemen pokok konsep, yaitu definisi, ciri-ciri, aplikasi, dan dapat menghubungkan serta mengorganisasikan dari apa yang telah dipelajari. Pemahaman konsep atau fakta lebih ditekankan sebagai suatu pengertian konsep secara mendalam. Selama proses pembelajaran, tidak semua siswa akan paham akan konsep-konsep fisika selama proses belajar. Ormrod (2008: 344) mengemukakan cara yang dapat dilakukan untuk membantu siswa mengembangkan pemahaman konsep mengenai materi pelajaran adalah sebagai berikut:

- a. Mengorganisasikan materi ajar ke dalam beberapa gagasan atau tema inti,
- b. Menggali tiap topik secara mendalam,

- c. Menjelaskan hubungan gagasan baru dengan pengalaman personal siswa dan hal-hal yang telah dipelajari sebelumnya,
- d. Menunjukkan pada siswa melalui kata, tugas, dan kriteria yang digunakan untuk evaluasi pencapaian siswa, dan
- e. Meminta siswa mengajarkan yang telah dipelajari kepada orang lain.

4. Miskonsepsi dan Konsep Alternatif

a) Pengertian Miskonsepsi

Suparno (2005: 5) mengatakan bahwa miskonsepsi adalah suatu pengertian yang tidak akurat terhadap suatu konsep, penggunaan konsep yang salah, klasifikasi contoh-contoh konsep yang salah, kekacauan konsep-konsep yang berbeda dan hubungan hierarki/tingkatan konsep-konsep yang tidak benar. Menurut Ormrod (2008: 338), miskonsepsi adalah kepercayaan yang tidak sesuai dengan penjelasan yang diterima umum dan terbukti sah tentang suatu fenomena atau peristiwa.

Menurut Novak dalam Suparno (2013: 4), miskonsepsi sebagai suatu interpretasi konsep-konsep dalam suatu pernyataan yang tidak dapat diterima. Sedangkan menurut Feldsine dalam Suparno (2013: 4), miskonsepsi sebagai suatu kesalahan dan hubungan yang tidak benar antara konsep-konsep. Miskonsepsi bisa saja berupa konsep awal, kesalahan, hubungan yang tidak benar antara konsep-konsep, gagasan intuitif, atau pandangan yang naif (Agustianih, 2017).

Dari penjelasan yang telah dipaparkan, miskonsepsi diartikan sebagai suatu konsep awal yang dimiliki siswa yang tidak sesuai dengan

penjelasan yang diterima umum akibat dari pengalaman yang dikonstruksi siswa. Miskonsepsi dapat juga disebut sebagai suatu konsep alternatif dikarenakan pemakaian istilah konsep alternatif didasarkan pada pengalaman yang dikonstruksikan oleh siswa dan kerap kali konsep alternatif secara kontekstual masuk akal dan berguna pada beberapa persoalan yang dihadapi siswa (Suparno, 2013: 5).

b) Penyebab Miskonsepsi

Para peneliti miskonsepsi telah menemukan beberapa hal yang menjadi penyebab miskonsepsi pada siswa. Secara umum, penyebab miskonsepsi dapat diringkas dalam lima kelompok utama yaitu siswa, guru, buku teks, konteks, dan metode mengajar (Suparno, 2013: 29). Untuk lebih jelasnya, penyebab dari miskonsepsi dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penyebab Miskonsepsi Siswa

Sebab Utama	Sebab khusus
Siswa	Prakonsepsi Siswa Pemikiran asosiatif Pemikiran humanistik Alasan yang tidak lengkap/salah Intuisi yang salah Tahap perkembangan kognitif siswa Kemampuan siswa Minat belajar siswa
Guru/Pengajar	Tidak menguasai bahan, tidak kompeten Guru bukan lulusan dari bidang ilmu Tidak membiarkan siswa mengungkapkan gagasan/ide Relasi antara guru dan siswa tidak baik
Buku Teks	Penjelasan keliru Buku teks salah tulis terutama dalam rumus Tingkat kesulitan penulisan buku terlalu tinggi bagi siswa

	Siswa tidak tahu membaca buku teks Buku fiksi sains kadang-kadang konsepnya menyimpang demi menarik pembaca Kartun sering memuat miskonsepsi
Konteks	Pengalaman siswa Konteks bahasa sehari-hari berbeda Teman diskusi yang salah Keyakinan dan agama Penjelasan orang lain yang keliru Konteks hidup siswa (TV, radio, dan film yang keliru) Perasaan senang/tidak senang, bebas, atau tertekan
Cara Mengajar	Hanya berisi ceramah dan menulis Cara mengajar langsung ke dalam bentuk matematika Tidak mengungkapkan miskonsepsi siswa Tidak mengoreksi PR/tugas yang salah Model analogi Model praktikum Model diskusi Model demonstrasi yang sempit <i>Non-multiple intelligences</i>

(Paul Suparno, 2005: 53)

Pada penelitian ini, penyebab miskonsepsi hanya ditinjau dari faktor siswa dimana secara khusus terbagi ke dalam beberapa bagian spesifik seperti prakonsepsi siswa, pemikiran asosiatif, pemikiran humanistik, alasan yang tidak lengkap/salah, intuisi yang salah, tahap perkembangan kognitif siswa, kemampuan siswa, dan minat belajar siswa. Dari kedelapan sebab khusus di atas, penelitian ini dibatasi hanya meninjau faktor penyebab miskonsepsi berdasarkan minat belajar siswa. Minat merupakan sebuah kondisi yang dialami oleh seseorang ketika mengamati situasi atau kegiatan yang sesuai dengan keinginan atau kebutuhannya.

Menurut Safari (2005: 152) dalam Novianto dan Subkhan (2015),

indikator minat belajar terdiri dari kesukaan, ketertarikan, perhatian, dan keterlibatan. Menurut Crow and Crow dalam Novianto dan Subkhan (2015), mengatakan bahwa minat berhubungan dengan gaya gerak yang mendorong seseorang untuk menghadapi atau berurusan dengan orang, benda, kegiatan, pengalaman yang dirangsang oleh kegiatan itu sendiri. Menurut Slameto (2013: 57) dalam Novianto dan Subkhan (2015), minat belajar merupakan kecenderungan yang tetap untuk memperhatikan dan mengenang beberapa kegiatan.

c) Cara Mengatasi Miskonsepsi

Mengatasi miskonsepsi bukanlah suatu persoalan yang mudah, karena miskonsepsi cenderung resistan dalam diri siswa. Beberapa miskonsepsi menjadi sistem kepercayaan siswa sehingga membutuhkan beragam strategi untuk diterapkan dalam jangka waktu yang panjang. Menurut ahli psikologi kognitif bahwa banyak cara dalam membantu siswa mengkonstruksi pengetahuannya agar tidak terjadi miskonsepsi di antaranya yaitu (Ormrod, 2008: 341):

- 1) Menyediakan kesempatan untuk melakukan percobaan,
- 2) Menyediakan perspektif ahli,
- 3) Menekankan pemahaman konseptual,
- 4) Mendorong dialog di kelas,
- 5) Memberikan aktivitas-aktivitas otentik,
- 6) Merancang konstruksi teori, dan
- 7) Membentuk komunitas pembelajaran.

d) Cara Mengidentifikasi Miskonsepsi

Tugas guru tidak hanya membantu siswa dalam mengonstruksikan pemahaman yang akurat tentang dunia di sekeliling mereka, namun guru juga mendorong siswa melepaskan setiap kepercayaan yang keliru yang telah mereka konstruksi sebelumnya (Ormrod, 2008: 341). Dengan demikian, miskonsepsi yang dialami oleh siswa perlu dideteksi sedini mungkin sehingga nantinya guru dapat menentukan pelajaran remediasi bagi siswa. Beberapa alat untuk mengungkap miskonsepsi siswa antara lain sebagai berikut (Suparno, 2005: 121-129).

1) Peta Konsep

Peta konsep mengungkapkan hubungan antara konsep dengan konsep dan menekankan ide-ide pokok yang disusun secara hierarki.

2) Tes *Multiple Choice* dengan *Reasoning* Terbuka

Penggunaan tes pilihan berganda dengan pertanyaan terbuka, siswa harus menjawab atau menulis alasan mereka memilih suatu jawaban.

3) Tes Esai Tertulis

Dari tes esai dapat diketahui ide siswa itu sendiri sehingga dapat diketahui miskonsepsi yang dibawa siswa. Kemudian dapat dilakukan proses wawancara lebih mendalam tentang ide-ide mereka tersebut.

4) Wawancara Diagnosis

Wawancara dapat mengetahui kerangka berpikir siswa dan memahami apa yang dipikirkan siswa, sehingga dapat diketahui miskonsepsi yang

dilakukan siswa sekaligus penyebabnya. Melalui wawancara dapat dipahami pola pikir siswa.

5) Diskusi dalam Kelas

Melalui diskusi akan diungkap ide-ide siswa tentang konsep yang telah atau yang hendak diajarkan. Dari diskusi tersebut dapat dideteksi apakah gagasan mereka itu tepat atau tidak.

6) Praktikum dengan Tanya Jawab

Selama praktikum, guru memberikan pertanyaan tentang bagaimana konsep yang dimiliki siswa dan menjelaskan persoalan dalam praktikum tersebut.

5. *Four Tier Multiple Choice Diagnostic Test*

a) Tes Diagnostik

Amir Daien dalam Arikunto (2012: 46) mengatakan bahwa tes adalah suatu alat atau prosedur yang tersusun secara sistematis dan objektif yang digunakan untuk memperoleh data-data ataupun keterangan yang diinginkan tentang seseorang dengan cara yang tepat dan cepat.

Tes adalah cara atau prosedur dalam rangka pengukuran dan penilaian dibidang pendidikan berbentuk tugas atau serangkaian tugas baik berupa pertanyaan atau perintah yang harus dikerjakan sehingga dapat menghasilkan nilai (Sudijono, 2011: 67). Sehingga tes adalah suatu alat untuk memperoleh data atau nilai untuk mengukur keberhasilan suatu program.

Dari segi kegunaannya dalam mengukur siswa, tes dibagi menjadi 3 bagian yaitu tes diagnostik, tes formatif, dan tes sumatif. Tes diagnostik digunakan untuk mengetahui kelemahan-kelemahan siswa. Tes formatif digunakan untuk mengetahui sejauh mana siswa telah terbentuk setelah mengikuti program tertentu, sedangkan tes sumatif digunakan untuk mengevaluasi sebuah program yang lebih besar. Tes formatif biasa disamakan dengan ulangan harian sedangkan tes sumatif disamakan dengan ulangan umum (Arikunto, 2013: 47-53). Pemahaman konsep diukur dengan tes diagnostik.

Menurut Arikunto (2013: 48) bahwa tes diagnostik adalah tes yang digunakan untuk mengetahui kelemahan-kelemahan yang dialami oleh siswa sehingga dapat dilakukan penanganan yang tepat. Sedangkan menurut Sudjana (2012: 5), bahwa penilaian diagnostik adalah penilaian yang bertujuan untuk melihat kelemahan-kelemahan siswa serta faktor penyebabnya.

Diagnosis adalah proses kompleks dalam suatu usaha untuk menarik kesimpulan dari hasil-hasil pemeriksaan gejala-gejala, perkiraan penyebab, pengamatan, dan penyesuaian dengan kategori secara baik (Suwanto, 2013: 90).

Jadi, tes diagnostik dapat diartikan sebagai tes yang dilakukan untuk mengetahui kesulitan, kelemahan, dan faktor penyebabnya untuk penanganan lebih lanjut. Tes diagnostik dapat dilakukan sebagai tes prasyarat (*prerequisite test*), tes penempatan (*placement test*), tes kesulitan

siswa (pada saat belajar), dan tes evaluasi akhir tingkat penguasaan siswa (pada akhir belajar) (Arikunto, 2013: 49-50). Dilihat dari segi fungsinya, menurut Arikunto (2013: 58-59) tes diagnostik berfungsi sebagai berikut:

- 1) Penentuan bahan prasyarat telah dikuasai atau belum,
- 2) Penentuan tingkat penguasaan siswa terhadap bahan yang dipelajari,
- 3) Pengelompokkan siswa berdasarkan kemampuan dalam menerima pelajaran yang dipelajari, dan
- 4) Penentuan kesulitan-kesulitan belajar yang dialami untuk menentukan cara untuk mengatasi atau memberi bimbingan.

Tes diagnostik sangat bermanfaat sekali untuk mengetahui kesulitan belajar dan untuk dilakukan suatu perbaikan dan evaluasi pada proses belajar mengajar. Menurut Nitko dan Brookhart dalam Suwanto (2013: 116), ada enam pendekatan penaksiran diagnostik terkait masalah pembelajaran yaitu sebagai berikut:

- 1) Pendekatan profil kekuatan dan kelemahan kemampuan pada suatu bidang. Untuk pendekatan ini, mata pelajaran sekolah dibagi ke dalam bagian-bagian, masing-masing bagian dianggap sebagai ciri atau kemampuan yang terpisah. Hasil diagnosis dilaporkan sebagai suatu profil kekuatan dan kelemahan siswa. Langkah-langkah melakukan penaksiran diagnosis ini, yaitu: (a) mengenali dua atau lebih bidang kemampuan yang diinginkan untuk membuat profil siswa, (b) membuat butir-butir untuk mengukur konsep-konsep dasar pada masing-masing

bidang, (c) himpun soal dalam sub tes terpisah, dan (d) kelola masing-masing sub tes dan gunakan petunjuk dan pemilihan waktu terpisah.

- 2) Pendekatan mengidentifikasi kekurangan pengetahuan prasyarat. Pendekatan ini untuk mengeksplorasi tertinggalnya siswa karena tidak memiliki pengetahuan atau keahlian khusus yang dibutuhkan untuk memahami pelajaran selanjutnya. Langkah penaksirannya yaitu membuat suatu hierarki dari suatu target pembelajaran yang harus dicapai siswa dan melakukan analisis untuk mengidentifikasi prasyarat yang harus dipahami siswa untuk mencapai target tersebut.
- 3) Pendekatan mengidentifikasi target-target pembelajaran yang tidak dikuasai. Pendekatan ini memusatkan penaksiran pada target-target yang penting dan spesifik dari tujuan pembelajaran yang diharapkan. Langkah-langkah pendekatan ini yaitu mengenal dan menulis pernyataan target pembelajaran yang merupakan hasil pembelajaran, setiap target dibuat empat sampai delapan butir soal, ulas butir soal dan menaksir kecocokan butir soal dengan target pembelajaran, kelompokkan butir soal, berikan label lulus untuk setiap target pembelajaran, dan lakukan penaksiran pada setiap siswa.
- 4) Pendekatan pengidentifikasi kesalahan siswa. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk mengidentifikasi kekeliruan-kekeliruan siswa sehingga dapat dilakukan pelajaran remedi.
- 5) Pendekatan pengidentifikasian struktur pengetahuan siswa. Untuk pendekatan ini dapat dilakukan dengan menggunakan peta konsep. Peta

konsep menunjukkan pengetahuan siswa yang terorganisir mengenai konsep-konsep pada unit pelajaran.

- 6) Pendekatan mengidentifikasi kompetensi untuk menyelesaikan soal cerita. Diagnosis dalam pendekatan ini adalah mengidentifikasi siswa yang tidak dapat menyelesaikan soal cerita dan apakah kekurangan mereka pada pengetahuan linguistik dan faktual, pengetahuan skematis, pengetahuan strategis, atau pengetahuan algoritme.

Tes diagnostik dalam penggunaannya memiliki karakteristik sebagai berikut:

- 1) Dirancang untuk mendeteksi kesulitan belajar siswa,
- 2) Dikembangkan berdasar analisis terhadap sumber kesalahan atau kesulitan sebagai faktor penyebab,
- 3) Menggunakan soal-soal bentuk *supply response*, jika menggunakan bentuk *selected response* harus disertakan alasan, dan
- 4) Disertai dengan rancangan tindak lanjut sesuai kesulitan yang teridentifikasi (Depdiknas 2007).

b) *Four Tier Multiple Choice Diagnostic Test*

Tes pilihan ganda (*multiple choice test*) merupakan suatu tes objektif yang terdiri atas suatu keterangan tentang suatu pengertian yang belum lengkap dan untuk melengkapinya harus memilih salah satu dari kemungkinan jawaban. Kemungkinan jawaban (*option*) tersebut hanya terdiri atas satu jawaban dan sisanya merupakan pengecoh (*distractor*) (Arikunto, 2012: 183). Pilihan ganda yang biasa digunakan adalah pilihan

berganda *one tier*, untuk setiap butir soal terdiri satu bagian yaitu pilihan jawaban soal. *Four tier diagnostic test* (tes diagnostik empat tingkat) merupakan pengembangan dari tes diagnostik pilihan ganda tiga tingkat. Pengembangan tersebut terdapat pada ditambahkan tingkat keyakinan siswa dalam memilih jawaban maupun alasan. Tingkat pertama merupakan soal pilihan ganda dengan empat pengecoh dan satu kunci jawaban yang harus dipilih siswa. Tingkat kedua merupakan tingkat keyakinan siswa dalam memilih jawaban. Tingkat ketiga merupakan alasan siswa menjawab pertanyaan, berupa empat pilihan alasan yang telah disediakan dan satu alasan terbuka. Tingkat keempat merupakan tingkat keyakinan siswa dalam memilih alasan (Zulfikar et al, 2017). Keunggulan yang dimiliki tes diagnostik empat tingkat adalah guru dapat:

- 1) Membedakan tingkat keyakinan jawaban dan tingkat keyakinan alasan yang dipilih siswa sehingga dapat menggali lebih dalam tentang kekuatan pemahaman konsep siswa,
- 2) Mendiagnosis miskonsepsi yang dialami siswa lebih dalam,
- 3) Menentukan bagian-bagian materi yang memerlukan penekanan lebih, dan
- 4) Merencanakan pembelajaran yang lebih baik untuk membantu mengurangi miskonsepsi siswa (Amin et al, 2016).

Tabel 2.2 Kombinasi Jawaban *Four Tier Multiple Choice Diagnostic Test*

No.	Kategori	Opsi	Tingkat Keyakinan	Alasan	Tingkat Keyakinan
1.	Miskonsepsi (M)	Salah	Yakin	Salah	Yakin
2.	Tidak Paham Konsep (TPK)	Salah	Yakin	Salah	Tidak Yakin
3.		Salah	Tidak Yakin	Salah	Yakin
4.		Salah	Tidak Yakin	Salah	Tidak Yakin
5.	Paham Konsep (PK)	Benar	Yakin	Benar	Yakin
6.	Paham Sebagian (PS)	Benar	Yakin	Benar	Tidak Yakin
7.		Benar	Tidak Yakin	Benar	Yakin
8.		Benar	Tidak Yakin	Benar	Tidak Yakin
9.		Benar	Yakin	Salah	Yakin
10.		Benar	Yakin	Salah	Tidak Yakin
11.		Benar	Tidak Yakin	Salah	Yakin
12.		Benar	Tidak Yakin	Salah	Tidak Yakin
13.		Salah	Yakin	Benar	Yakin
14.		Salah	Yakin	Benar	Tidak Yakin
15.		Salah	Tidak Yakin	Benar	Yakin
16.	Salah	Tidak Yakin	Benar	Tidak Yakin	
17.	Tidak Dapat Dikodekan (TKD)	Apabila salah satu, dua, tiga atau semuanya tidak diisi			

(Zulfikar et al, 2017)

Pada soal pilihan ganda beralasan, beberapa peneliti menggunakan pertanyaan pilihan ganda digabungkan dengan alasan yang sudah ditentukan, model ini dipilih untuk memudahkan dalam menganalisis jawaban siswa (Suparno, 2013: 123-124).

B. Kerangka Konseptual

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif bersifat deskriptif, dimana penelitian ini diarahkan untuk menetapkan sifat suatu situasi pada waktu penyelidikan ini dilakukan. Menurut Yatim Riyanto (2010), penelitian deskriptif merupakan penelitian yang diarahkan untuk memberikan gejala-gejala, fakta-fakta, atau kejadian-kejadian secara sistematis dan akurat, mengenai sifat-sifat populasi atau daerah tertentu. Penelitian deskriptif tidak perlu mencari atau menerangkan saling hubungan dan menguji hipotesis. Dalam penelitian ini tidak ada perlakuan yang diberikan seperti pada penelitian eksperimen. Penelitian ini melukiskan variabel atau kondisi “apa yang ada” dalam situasi.

Terkadang konsep fisika yang dimiliki oleh siswa berbeda dengan konsep yang telah disepakati oleh para fisikawan. Langkah-langkah yang digunakan untuk mengatasi miskonsepsi adalah sebagai berikut:

- a) Menemukan miskonsepsi siswa,
- b) Mencoba mencari penyebab miskonsepsi siswa, dan
- c) Mencari perilaku yang sesuai untuk mengatasi miskonsepsi tersebut.

Yang ditinjau dalam penelitian ini adalah bagaimana tingkat miskonsepsi siswa di SMA Negeri Sekota Medan pada pelajaran fisika, khususnya pada konsep mekanika serta menggolongkan siswa-siswi tersebut ke dalam beberapa golongan yaitu sebagai berikut:

- a) Paham Konsep (PK),
- b) Tidak Paham Konsep (TPK),
- c) Miskonsepsi (M),

- d) Paham Sebagian (PS), dan
- e) Tidak Dapat Dikodekan (TKD)

Untuk mengidentifikasi antara siswa yang yang paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, dan tidak dapat dikodekan digunakan *four tier multiple choice diagnostic test*. Dalam *four tier multiple choice diagnostic test* terdapat skala dan kriteria untuk pemahaman konsep siswa untuk setiap pertanyaan. Skala pertanyaan inilah yang mampu mempengaruhi jawaban secara signifikan. Dengan menggunakan *four tier multiple choice diagnostic test*, diharapkan dapat menampilkan data siswa yang paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, dan tidak dapat dikodekan yang terjadi di SMA Negeri Sekota Medan.

C. Materi Pembelajaran

1. Kinematika Gerak 1 Dimensi

a) Kedudukan, Jarak, dan Perpindahan

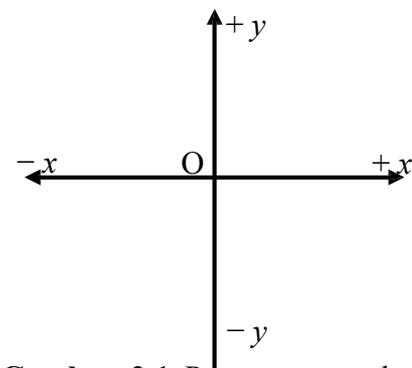
Kedudukan diartikan sebagai letak (posisi) suatu benda pada waktu tertentu terhadap acuan. Pengukuran posisi, jarak, atau laju harus dibuat dengan mengacu pada suatu kerangka acuan atau kerangka sudut pandang. Sebagai contoh, ketika kalian berada di atas kereta api yang bergerak dengan laju 80 km/jam, kalian mungkin akan memperhatikan seseorang yang berjalan melewati ke arah depan kereta dengan laju tertentu, katakanlah 10 km/jam. Tentu saja ini merupakan laju orang tersebut terhadap kereta sebagai kerangka acuan. Terhadap permukaan bumi, orang

tersebut bergerak dengan laju $80 \text{ km/jam} + 10 \text{ km/jam} = 90 \text{ km/jam}$.

Penentuan kerangka acuan penting dalam menyatakan laju.

Seringkali kita dapat menyatakan arah dengan menggunakan titik-titik mata angin, yaitu utara, timur, selatan, dan barat, atau menggunakan “atas” dan “bawah”. Dalam fisika, kita sering menggunakan sumbu koordinat, seperti ditunjukkan pada

Gambar 2.1, untuk menyatakan kerangka acuan. Kita akan selalu dapat menempatkan titik asal O , dan arah sumbu x dan y . Benda-benda yang diletakkan di kanan titik asal (O) pada sumbu x memiliki koordinat x yang



Gambar 2.1 Pasangan standar sumbu koordinat xy

biasanya positif, dan titik-titik di sebelah kiri O memiliki koordinat negatif. Posisi sepanjang sumbu y biasanya dianggap positif jika berada di atas O , dan negatif jika di bawah O , walaupun peraturan yang menyatakan sebaliknya juga dapat digunakan jika lebih memudahkan. Semua titik pada bidang dapat dispesifikasikan dengan memberinya koordinat x dan y .

Pada

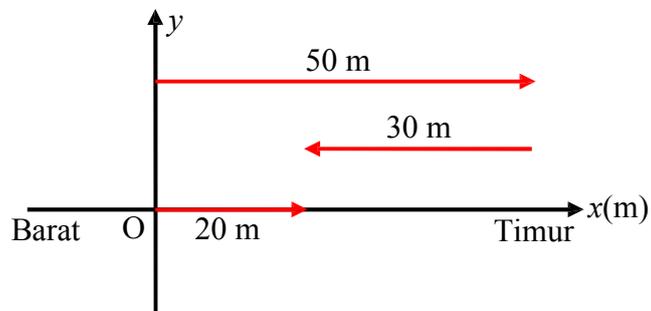
gerak satu dimensi,

kita sering

memilih sumbu x

sebagai garis

dimana gerakan



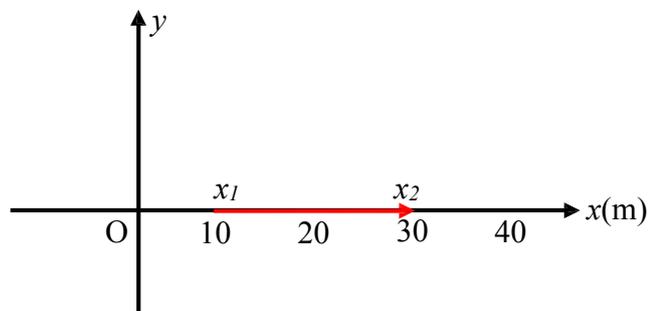
Gambar 2.2 Seseorang berjalan 50 m ke timur, dan berbalik arah 30 m ke barat maka perpindahannya 20 m

tersebut terjadi. Dengan demikian, posisi benda pada setiap saat dinyatakan dengan koordinat x saja. Dalam fisika, jarak dan perpindahan memiliki pengertian yang berbeda. Perpindahan didefinisikan sebagai perubahan posisi benda dalam selang waktu tertentu. Jadi, perpindahan adalah seberapa jauh jarak benda tersebut dari titik awalnya. Untuk melihat perbedaan antara jarak total dan perpindahan, misalnya seseorang berjalan sejauh 50 m ke arah timur dan kemudian berbalik (ke arah barat) dan berjalan menempuh jarak 30 m, lihat Gambar 2.2. Jarak total yang ditempuh adalah 80 m, tetapi perpindahannya hanya 20 m karena posisi orang itu pada saat ini hanya berjarak 20 m dari titik awalnya.

Jika sebuah benda bergerak selama selang waktu tertentu, misalnya pada saat t_1 benda berada pada sumbu x di titik x_1 pada sistem koordinat yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3. Pada waktu t_2 benda berada pada titik x_2 . Perpindahan benda ini dapat dituliskan :

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (2-1)$$

Simbol Δ (delta) menyatakan perubahan suatu besaran. Dengan demikian, Δx berarti “perubahan pada x ” yang merupakan perpindahan. Perubahan besaran apapun berarti nilai akhir besaran tersebut dikurangi nilai awalnya.



Gambar 2.3 Tanda panah menunjukkan perpindahan

b) Kelajuan dan Kecepatan

1) Kelajuan Rata-Rata (\bar{v}) dan Kecepatan Rata-Rata (\bar{v})

Istilah “kelajuan” atau “laju” menyatakan seberapa jauh sebuah benda bergerak dalam selang waktu tertentu. Jika sebuah mobil menempuh 240 km dalam waktu 3 jam, dapat kita katakan bahwa laju rata-ratanya adalah 80 km/jam. Secara umum, laju rata-rata sebuah benda didefinisikan sebagai jarak total yang ditempuh sepanjang lintasannya dibagi waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tersebut. Secara matematis dituliskan:

$$\bar{v} = \frac{s}{t} \quad (2-2)$$

dengan:

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

s = jarak total yang ditempuh (m)

t = waktu tempuh yang diperlukan (s)

Istilah kecepatan dan laju sering dipertukarkan dalam bahasa sehari-hari. Tetapi dalam fisika kita membuat perbedaan di antara keduanya. Laju adalah sebuah bilangan positif dengan satuan m/s, yang menyatakan perbandingan jarak yang ditempuh oleh benda terhadap waktu yang dibutuhkannya. Kecepatan digunakan untuk menyatakan baik besar (nilai numerik) mengenai seberapa cepat sebuah benda bergerak maupun arah geraknya. Dengan demikian, kecepatan merupakan besaran vektor. Ada perbedaan kedua antara laju dan

kecepatan, yaitu kecepatan rata-rata didefinisikan dalam hubungannya dengan perpindahan dan bukan dalam jarak total yang ditempuh.

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \quad (2-3)$$

dengan:

\bar{v} = kecepatan rata-rata

(m/s)

$\Delta s = s_2 - s_1$ = perpindahan benda (m)

$\Delta t = t_2 - t_1$ = interval waktu yang diperlukan (s)

2) Kecepatan Sesaat (v)

Kecepatan sesaat merupakan kecepatan benda pada saat tertentu.

Kecepatan inilah yang ditunjukkan pada *speedometer*. Kecepatan sesaat didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata pada limit Δt yang menjadi sangat kecil, mendekati nol. Kecepatan sesaat (v) untuk satu dimensi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (2-4)$$

Notasi $\lim_{\Delta t \rightarrow 0}$ berarti rasio $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ akan dievaluasi dengan limit Δt

mendekati nol. Kita tidak hanya menentukan $\Delta t = 0$ dalam definisi ini,

jika demikian Δt juga akan menjadi nol dan kita akan memperoleh angka yang tidak terdefinisi. Tetapi, kita memandang rasio $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ sebagai satu

kesatuan. Sementara kita menentukan Δt mendekati nol, Δx juga mendekati nol. Rasio $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ mendekati suatu nilai tertentu, yang merupakan

kecepatan sesaat pada waktu kapan pun.

c) Percepatan

1) Percepatan Rata-Rata (a)

Percepatan rata-rata didefinisikan sebagai perubahan kecepatan dibagi waktu yang diperlukan untuk perubahan tersebut.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \tag{2-5}$$

dengan :

a = percepatan rata-rata (m/s²)

Δv = v₂ - v₁ = perubahan kecepatan (m/s)

Δt = t₂ - t₁ = interval waktu yang diperlukan (s)

2) Percepatan Sesaat (a)

Percepatan sesaat dapat didefinisikan sebagai percepatan rata-rata pada limit Δt yang menjadi sangat kecil, mendekati nol. Percepatan sesaat (a) untuk satu dimensi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \tag{2-6}$$

Dalam hal ini Δv menyatakan perubahan yang sangat kecil pada kecepatan selama selang waktu Δt yang sangat pendek. Perhatikan dengan teliti bahwa percepatan menunjukkan seberapa cepat kecepatan berubah, sementara kecepatan menunjukkan seberapa cepat posisi berubah.

d) Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Suatu benda dikatakan mengalami gerak lurus beraturan jika lintasan yang ditempuh oleh benda itu berupa garis lurus dan kecepatannya selalu tetap setiap saat. Sebuah benda yang bergerak lurus menempuh jarak yang sama untuk selang waktu yang sama. Secara matematis, persamaan gerak lurus beraturan (GLB) adalah:

$$\underline{s} = v \cdot t \quad (2-7)$$

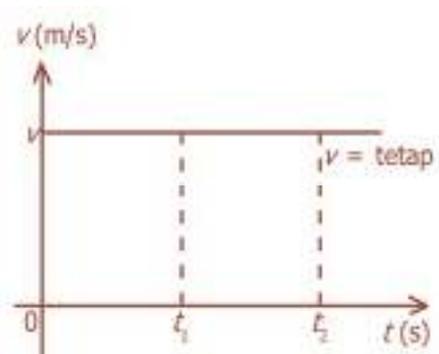
dengan:

s = jarak yang ditempuh (m)

v = kecepatan (m/s)

t = waktu yang diperlukan (s)

Jika kecepatan v mobil yang bergerak dengan laju konstan selama selang waktu t sekon, diilustrasikan dalam sebuah grafik v - t , akan diperoleh sebuah garis lurus, tampak seperti pada Gambar 2.4. Grafik hubungan v - t tersebut menunjukkan



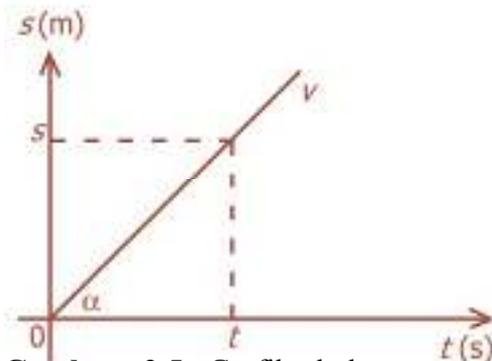
Gambar 2.4 Grafik hubungan v - t pada gerak lurus beraturan

bahwa kecepatan benda selalu tetap, tidak tergantung pada waktu, sehingga grafiknya merupakan garis lurus yang sejajar dengan sumbu t (waktu).

Sementara itu, hubungan jarak yang ditempuh s dengan waktu t , diilustrasikan dalam sebuah grafik s - t , sehingga diperoleh sebuah garis diagonal ke atas, tampak seperti pada Gambar 2.5. Dari grafik hubungan s - t

tampak pada Gambar 2.5, dapat dikatakan jarak yang ditempuh s benda berbanding lurus dengan waktu tempuh t . Makin besar waktunya makin besar jarak yang ditempuh.

Berdasarkan Gambar 2.5, grafik hubungan antara jarak s terhadap waktu t secara matematis merupakan harga $\tan \alpha$, dimana α adalah sudut antara garis grafik dengan sumbu t (waktu).



Gambar 2.5 Grafik hubungan s - t pada gerak lurus beraturan

e) Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

1) Hubungan antara Kecepatan, Percepatan, dan Waktu pada GLBB

Untuk memudahkan notasi ataupun penulisan persamaan, kita anggap waktu awal untuk setiap pembahasan adalah nol yaitu $t_1 = 0$. Kemudian kita tentukan $t_2 = t$ sebagai waktu yang diperlukan. Posisi awal $x_1 = x_0$ dan kecepatan awal $v_1 = v_0$, dan pada waktu t posisi dan kecepatan benda masing-masing adalah x dan v (bukan x_2 dan v_2). Berarti kecepatan rata-rata selama waktu t berdasarkan persamaan untuk kecepatan rata-rata dirumuskan:

$$v = \frac{v - v_0}{t - t_0} \quad (2-8)$$

$$\boxed{v = \frac{v_0}{t}}$$

Karena $t_0 = 0$ dan percepatan dianggap konstan terhadap waktu, maka diperoleh persamaan:

$$v = \quad (2-9)$$

$$\boxed{v = \frac{v_0}{t}}$$

Selanjutnya, kita dapat menentukan kecepatan sebuah benda setelah rentang waktu tertentu jika diketahui percepatannya. Kita kalikan dengan t pada kedua sisi persamaan tersebut maka akan diperoleh:

$$\boxed{v t = v - v_0} \quad (2-10)$$

sehingga dapat dituliskan:

$$\boxed{v = v_0 + a t} \quad (2-11)$$

dengan:

v_0 = kecepatan awal (m/s)

v = kecepatan akhir (m/s)

a = percepatan (m/s^2)

t = waktu (s)

2) Hubungan antara Perpindahan, Percepatan, dan Waktu pada GLBB

Selanjutnya, hubungan antara perpindahan, percepatan, dan waktu pada GLBB dirumuskan dengan:

$$\boxed{x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2} \quad (2-12)$$

dengan:

x_0 = posisi awal (m)

v = kecepatan akhir (m/s)

x = posisi akhir (m)

a = percepatan (m/s^2)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

t = waktu (s)

3) Hubungan antara Perpindahan, Kecepatan, dan Percepatan pada GLBB

Selanjutnya, hubungan antara perpindahan, kecepatan, dan percepatan pada GLBB dirumuskan dengan:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (2-13)$$

dengan:

v_0 = kecepatan awal (m/s)

v = kecepatan akhir (m/s)

a = percepatan (m/s^2)

x_0 = posisi awal (m)

x = posisi akhir (m)

f) Gerak Jatuh Bebas

Ketika membahas benda-benda yang jatuh bebas kita bisa memakai persamaan dimana untuk a kita gunakan nilai g yang telah diberikan. Percepatan pada gerak jatuh bebas bernilai tetap sebesar percepatan gravitasi. Selain itu, karena gerak tersebut vertikal, kita akan mengganti x dengan y , dan menempatkan y_0 di tempat x_0 . Kita ambil $y_0 = 0$, kecuali jika ditentukan lain. Tidak masalah apakah kita memilih y positif pada arah ke atas atau arah ke bawah, yang penting kita harus konsisten sepanjang penyelesaian soal. Secara matematis persamaan pada gerak jatuh bebas dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 v &= v_0 + \\
 & \quad at \\
 \boxed{
 \begin{aligned}
 v &= v_0 + at \\
 v^2 &= v_0^2 + 2at \\
 v &= \frac{v + v_0}{2}
 \end{aligned}
 }
 \end{aligned}
 \tag{2-14}$$

dengan:

v_0 = kecepatan awal (m/s)

v = kecepatan akhir (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

y = jarak tempuh benda (m)

t = waktu (s)

g) Gerak Vertikal ke Atas

Ketika sebuah bola dilempar ke atas. Pada saat bola naik, lajunya berkurang sampai mencapai titik tertinggi, dimana lajunya nol untuk sesaat, kemudian bola itu turun dengan laju yang bertambah cepat. Pada gerak vertikal ke atas, terjadi dengan kecepatan awal v_0 dan percepatan melawan gravitasi bumi ($-g$).

1) Ketinggian Maksimum

Untuk menentukan ketinggian maksimum, kita hitung posisi bola ketika kecepatannya sama dengan nol ($v = 0$) pada titik tertinggi. Pada saat mula-mula $t = 0$, ketinggian mula-mula $y_0 = 0$, kecepatan awal v_0 , dan percepatannya $a = -g$. Sehingga kita dapatkan persamaan:

$$\frac{20}{2} = 10$$

(2-

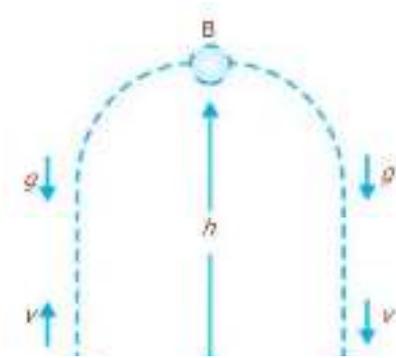
15)

dengan:

y_{maks} = ketinggian maksimum (m)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)



2) Lama Benda di Udara

Dari Gambar 2.6, kita bisa melakukan perhitungan ini dalam dua bagian, pertama menentukan waktu yang dibutuhkan benda untuk mencapai titik tertinggi, dan kedua menentukan waktu yang diperlukan untuk jatuh kembali. Kita dapat melakukan perhitungan ini karena y (atau x) menyatakan posisi atau perpindahan, bukan jarak total yang ditempuh. Dengan demikian, pada kedua titik A dan C, posisi benda adalah $y = 0$. Dengan menggunakan persamaan GLBB dan $a = -g$, diperoleh hal-hal berikut ini.

Gambar 2.6 Sebuah benda dilempar vertikal ke atas lajunya berkurang

a. Waktu yang dibutuhkan benda untuk mencapai titik tertinggi:

$$t_b = t_{\text{maks}} = \frac{v_0}{g} \quad (2-16)$$

b. Waktu yang diperlukan untuk jatuh kembali:

$$t_c = \frac{2v_0}{g} \quad t_c = 2t_{\text{maks}} \quad (2-$$

dengan:

t_{maks} = waktu mencapai ketinggian maksimum (s)

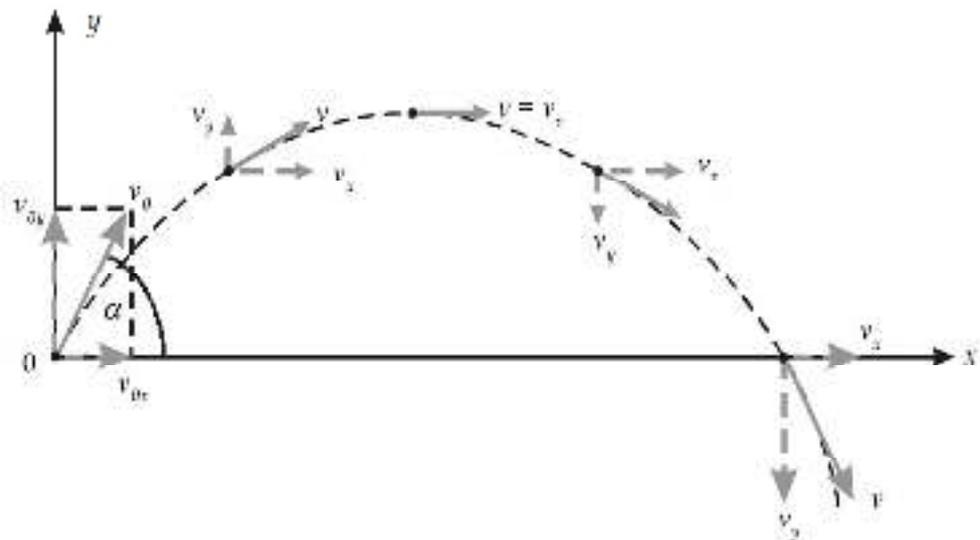
t_c = waktu diperlukan untuk jatuh kembali (s)

v_0 = kecepatan awal (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

2. Kinematika Gerak 2 Dimensi (Gerak Peluru)

Perhatikanlah lintasan yang dibentuk oleh bola basket yang dilemparkan ke dalam ring pada Gambar 2.7. Lintasan bola basket tersebut berbentuk parabola. Gerak yang lintasannya berbentuk parabola disebut gerak parabola. Contoh umum gerak parabola adalah gerak benda yang dilemparkan ke atas membentuk sudut tertentu terhadap permukaan tanah. Gerak parabola dapat dipandang dalam dua arah, yaitu arah vertikal (sumbu- y) yang merupakan gerak lurus berubah beraturan (GLBB), dan arah horizontal (sumbu- x) yang merupakan gerak lurus beraturan (GLB). Perhatikan Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Arah gaya pada lintasan gerak parabola

Gerak pada sumbu- x (horizontal) adalah gerak lurus beraturan karena kecepatan benda disetiap titik bernilai konstan dan berlaku persamaan:

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

(2-18)

Adapun, jarak mendatar yang ditempuh oleh sebuah benda ditentukan oleh persamaan:

$$x = v_{0x} t = v_0 \cos \alpha t \quad (2-19)$$

Gerak pada sumbu-y (vertikal) adalah gerak lurus berubah beraturan, karena benda mengalami perubahan kecepatan akibat percepatan gravitasi Bumi. Dalam hal ini, arah gerak benda vertikal ke atas sehingga persamaan kecepatan geraknya pada setiap titik adalah:

$$v_y = v_{0y} - g t \quad (2-20)$$

oleh karena $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$, Persamaan (2-20) dapat dituliskan menjadi

$$v_y = v_0 \sin \alpha - g t \quad (2-21)$$

Posisi benda pada sumbu-y (menurut ketinggian) dapat dituliskan dengan persamaan berikut

$$y = v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2-22)$$

atau

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2-23)$$

a) Kecepatan dan Arah Kecepatan Benda di Sembarang Titik

Pada gerak parabola, benda memiliki kecepatan pada komponen sumbu-x dan sumbu-y sehingga besar kecepatan benda di sembarang titik secara matematis, dirumuskan sebagai berikut:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (2-24)$$

Arah kecepatan benda terhadap sumbu mendatar (sumbu-x) dirumuskan sebagai berikut:

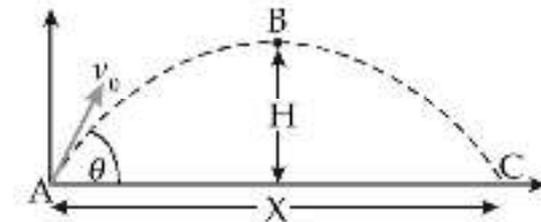
$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} \quad (2-25)$$

Oleh karena nilai v_x selalu positif maka positif atau negatifnya sudut θ bergantung pada nilai v_y .

b) Beberapa Persamaan Khusus pada Gerak Parabola

Persamaan-persamaan

khusus gerak parabola ini hanya berlaku untuk gerak parabola dengan lintasan dari tanah, kemudian kembali lagi ke tanah seperti pada Gambar 2.8. Pada



Gambar 2.8 Lintasan gerak parabola benda dengan titik tertinggi di B dan titik terjauh di C

contoh gerak parabola tersebut, suatu benda bergerak dari titik A dengan kecepatan awal v_0 dan sudut θ . Benda tersebut mencapai titik tertinggi di titik B dan jarak terjauh di titik C.

1) Waktu untuk Mencapai Titik Tertinggi (Titik B)

Pada saat benda yang melakukan gerak parabola mencapai titik tertinggi, kecepatan benda pada komponen vertikal (sumbu-y) $v_y = 0$.

Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$t_{AB} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \quad (2-26)$$

Ketinggian benda di titik tertinggi adalah $H = \frac{1}{2}g(t_{BC})^2$. Sifat simetri grafik parabola memperlihatkan bahwa waktu yang diperlukan benda

untuk mencapai titik tertinggi dari posisi awal (t_{AB}), sama dengan waktu tempuh benda dari titik tertinggi ke jarak terjauh (t_{BC}). Dengan demikian, akan diperoleh persamaan:

$$t_{AB} = t_{BC} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (2-27)$$

2) Tinggi Maksimum (H)

Tinggi maksimum benda yang melakukan gerak parabola dapat ditentukan dari penurunan persamaan (2-27), sehingga diperoleh:

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (2-28)$$

3) Jarak Terjauh (X)

Waktu tempuh untuk mencapai titik terjauh (titik C) sama dengan dua kali waktu yang diperlukan untuk mencapai titik tertinggi ($t_{AC} = 2t_{AB}$). Jarak terjauh yang dicapai benda pada sumbu-x (dilambangkan dengan X) adalah:

$$X = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (2-29)$$

$$\frac{X}{H} = \frac{2 \sin 2\alpha}{\sin^2 \alpha}$$

Perbandingan antara jarak terjauh (X) dan tinggi maksimum (H) akan menghasilkan persamaan:

$$\frac{X}{H} = \frac{\left(\frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \right)}{\left(\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \right)} = \frac{4}{\tan \alpha} \quad (2-30)$$

3. Gerak dan Gaya (Dinamika)

a) Pengertian Gaya

Gaya merupakan suatu besaran yang menyebabkan benda bergerak. Ketika seseorang mendorong mobil yang mogok, orang tersebut memberikan gaya pada mobil itu. Pada olahraga bulu tangkis, sebuah gaya diberikan atlet pada bola sehingga menyebabkan bola berubah arah gerak. Ketika sebuah mesin mengangkat lift, atau martil memukul paku, atau angin meniup daun-daun pada sebuah pohon, berarti sebuah gaya sedang diberikan. Kita katakan bahwa sebuah benda jatuh karena gaya gravitasi.

Jadi, gaya dapat menyebabkan perubahan pada benda, yaitu perubahan bentuk, sifat gerak benda, kecepatan, dan arah gerak benda. Di sisi lain, gaya tidak selalu menyebabkan gerak. Sebagai contoh, jika kalian mendorong tembok dengan sekuat tenaga, tetapi tembok tetap tidak bergerak. Sebuah gaya memiliki nilai dan arah, sehingga merupakan vektor yang mengikuti aturan-aturan penjumlahan vektor.

b) Hukum I Newton

Isaac Newton (1642-1727), membangun teori geraknya yang terkenal. Analisis Newton tentang gerak dirangkum dalam “tiga hukum gerak”-nya yang terkenal. Dalam karya besarnya, *Principia* (diterbitkan tahun 1687), Newton menyatakan terima kasihnya kepada Galileo. Hukum I Newton menyatakan bahwa setiap benda tetap berada dalam keadaan diam atau bergerak dengan laju tetap sepanjang garis lurus, kecuali jika diberi gaya total yang tidak nol.

Kecenderungan sebuah benda untuk mempertahankan keadaan diam atau gerak tetapnya pada garis lurus disebut inersia (kelembaman). Sehingga, Hukum I Newton sering disebut Hukum Inersia.

c) Hukum II Newton

Hukum I Newton menyatakan bahwa jika tidak ada gaya total yang bekerja pada sebuah benda, maka benda tersebut akan tetap diam, atau jika sedang bergerak, akan bergerak lurus beraturan (kecepatan konstan). Namun, jika sebuah gaya total diberikan pada benda tersebut, Newton berpendapat bahwa kecepatan akan berubah. Suatu gaya total yang diberikan pada sebuah benda mungkin menyebabkan lajunya bertambah. Akan tetapi, jika gaya total itu mempunyai arah yang berlawanan dengan gerak benda, gaya tersebut akan memperkecil laju benda. Jika arah gaya total yang bekerja berbeda arah dengan arah gerak benda, maka arah kecepatannya akan berubah (dan mungkin besarnya juga). Karena perubahan laju atau kecepatan merupakan percepatan, berarti dapat dikatakan bahwa gaya total dapat menyebabkan percepatan.

Hubungan ini selanjutnya dikenal sebagai Hukum II Newton, yang bunyinya bahwa percepatan sebuah benda berbanding lurus dengan gaya total yang bekerja padanya dan berbanding terbalik dengan massanya.

Arah percepatan sama dengan arah gaya total yang bekerja padanya. Hukum II Newton tersebut dirumuskan secara matematis dalam persamaan:

$$\mathbf{a} = \frac{\sum \mathbf{F}}{m}$$

$$\mathbb{Z}^3 \cong \mathbb{Z}^3 = m \mathbb{Z}^3$$

(2-31)

dengan:

a = percepatan (m/s^2)

m = massa benda (kg)

$\sum F$ = resultan gaya (N)

Satuan gaya menurut SI adalah Newton (N). Dengan demikian, satu Newton adalah gaya yang diperlukan untuk memberikan percepatan sebesar 1 m/s^2 kepada massa 1 kg . Dari definisi tersebut, berarti $1 \text{ N} = 1 \text{ kgm/s}^2$.

d) Hukum III Newton

Gaya selalu muncul berpasangan. Ketika Anda memukul pasak kayu menggunakan palu, pasak akan memberikan gaya kepada palu. Hal ini merupakan inti dari Hukum III Newton, yaitu ketika suatu benda memberikan gaya pada benda kedua, benda kedua tersebut memberikan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah terhadap benda pertama.

Hukum III Newton ini kadang dinyatakan sebagai hukum aksi-reaksi, “untuk setiap aksi ada reaksi yang sama dan berlawanan arah”. Untuk menghindari kesalahpahaman, sangat penting untuk mengingat bahwa gaya “aksi” dan gaya “reaksi” bekerja pada benda yang berbeda. Sifat pasangan gaya pada aksi-reaksi besarnya selalu sama, segaris, saling berlawanan arah, dan bekerja pada benda yang berbeda.

e) Berat, Gaya Normal, dan Tegangan Tali

Berat adalah gaya gravitasi yang bekerja pada suatu benda. Akibat gaya ini, benda yang jatuh bebas akan memperoleh percepatan $a = g$ (percepatan gravitasi bumi). Dengan demikian berat benda dapat ditulis:

$$w = mg \quad (2-32)$$

dengan:

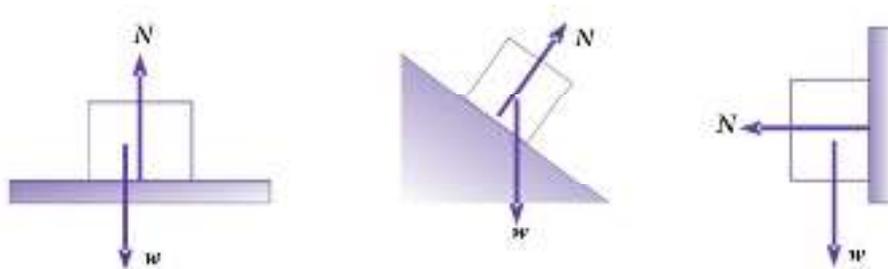
w = berat benda (N),

m = massa benda (kg), dan

g = percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

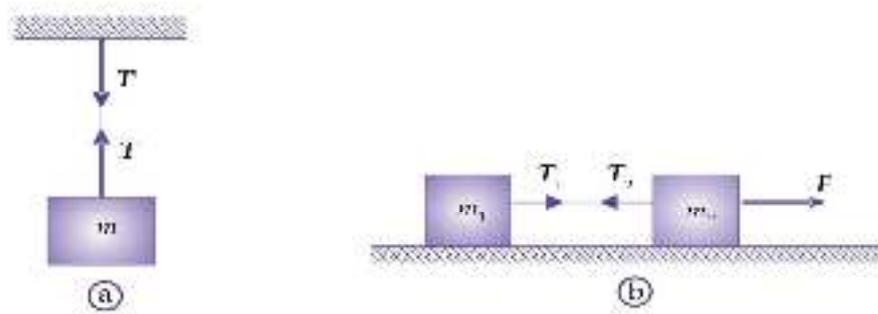
Arah dari gaya gravitasi selalu menuju ke pusat bumi (tegak lurus bidang datar).

Ketika benda berada pada suatu bidang, bidang tersebut akan memberikan gaya pada benda tadi yang disebut gaya kontak. Jika gaya kontak ini tegak lurus permukaan bidang maka disebut gaya normal. Besar gaya normal bergantung pada besar gaya lain yang bekerja pada benda. Gambar 2.9 memperlihatkan beberapa arah gaya normal (dibandingkan dengan gaya gravitasi yang arahnya selalu tegak lurus permukaan bumi). Arah gaya normal selalu tegak lurus bidang tempat benda itu berada.



Gambar 2.9 Arah gaya normal

Gaya tegangan tali adalah gaya pada tali ketika tali tersebut dalam keadaan tegang. Arah gaya tegangan tali bergantung pada titik atau benda yang ditinjau. Pada Gambar 2.10(a), gaya tegangan tali T yang bekerja pada benda m berarah ke atas, dan sebaliknya, gaya tegangan tali T' pada tempat tali digantungkan berarah ke bawah. Pada Gambar 2.10(b), gaya tegangan tali T_1 pada m_1 berarah ke kanan, sedangkan pada m_2 bekerja T_2 berarah ke kiri. Akan tetapi, meskipun arahnya berlawanan, besar gaya tegangan talinya sama ($T = T'$ dan $T_1 = T_2$).



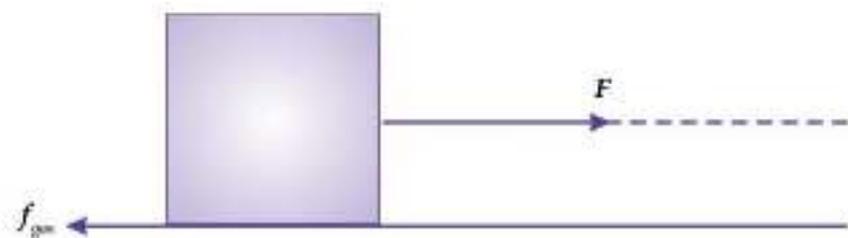
Gambar 2.10 Arah gaya tegangan tali

f) Gaya Gesekan

Ketika kita mendorong meja yang terletak di atas lantai datar dengan arah dorongan sejajar meja, apakah meja langsung bergerak? Ketika meja sudah bergerak, apakah Anda merasakan gaya dorong yang Anda berikan menjadi lebih kecil (terasa ringan)? Selanjutnya, pada saat meja bergerak, apa yang terjadi ketika dorongan pada meja Anda lepaskan?

Contoh sederhana tersebut memberikan gambaran bahwa untuk menggerakkan benda dari keadaan diam diperlukan gaya minimum. Ketika gaya yang kita berikan pada meja lebih kecil daripada suatu nilai, meja akan

tetap diam. Akan tetapi, ketika gaya yang kita kerahkan diperbesar, suatu saat meja tersebut dapat bergerak. Selain itu, kita juga akan mendapatkan bahwa ketika gaya dorong kita pada meja dilepaskan, meja akan segera berhenti. Hal tersebut dapat diterangkan dengan menggunakan hukum-hukum Newton tentang gerak. Untuk itu, perhatikan Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Untuk menggerakkan meja dari keadaan diam diperlukan gaya minimum tertentu karena ada gaya gesekan yang menghambat kecenderungan gerak meja

Misalkan, gaya yang dikerahkan pada meja besarnya F dengan arah sejajar lantai. Jika meja tetap dalam keadaan diam, sesuai dengan Hukum I Newton, berarti resultan gaya pada meja sama dengan nol. Hal ini menunjukkan bahwa ada gaya lain yang besarnya sama dan berlawanan arah dengan gaya F yang Anda berikan. Gaya ini tidak lain adalah gaya gesekan yang terjadi antara meja dan lantai. Gaya gesekan pulalah yang menyebabkan meja menjadi berhenti sesaat setelah kita melepaskan gaya dorong kita terhadap meja yang sudah bergerak.

Dari Gambar 2.11 di atas, ternyata pada saat meja yang terletak pada lantai didorong perlahan, meja tidak langsung bergerak. Hal tersebut berarti selama meja didorong dengan suatu gaya pada bidang singgung meja

timbul gaya gesekan yang disebut gaya gesekan statis yang diberi lambang " f_s ". Gaya gesekan statis dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$f_s = \mu_s N \quad (2-33)$$

dengan:

f_s = gaya gesekan statis

N = gaya normal

μ_s = koefisien gesekan statis

Selama benda belum bergerak pada saat benda didorong dengan gaya F tersebut di atas maka besar gaya gesekan terus bertambah dan gaya gesekan statis mencapai nilai maksimum pada saat benda tepat akan bergerak. Gaya gesekan pada saat benda tepat akan bergerak disebut gaya gesekan statis maksimum yang diberi lambang " $f_{s(\text{maks})}$ " yang besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$f_{s(\text{maks})} = \mu_s N \quad (2-34)$$

Jika benda dalam keadaan bergerak, maka selama benda bergerak juga timbul gaya gesekan dan gaya gesekan yang timbul dinamakan gaya gesekan kinetis yang diberi lambang " f_k " dan dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$f_k = \mu_k N \quad (2-35)$$

dengan:

f_k = gaya gesekan kinetis

μ_k = koefisien gesekan kinetis

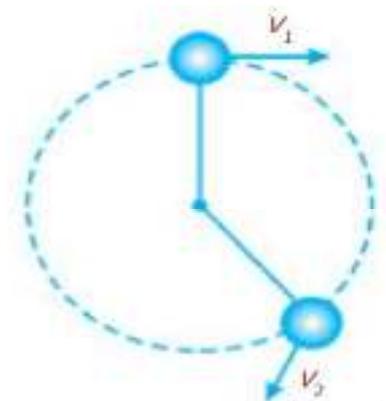
N = gaya normal

4. Gerak Melingkar Beraturan dan Gravitasi

a) Gerak Melingkar Beraturan

1) Pengertian Gerak Melingkar Beraturan

Gerak melingkar beraturan adalah gerak yang lintasannya berbentuk lingkaran dengan laju konstan dan arah kecepatan tegak lurus terhadap arah percepatan. Arah kecepatan terus berubah sementara benda bergerak dalam lingkaran tersebut, tampak seperti pada Gambar 2.12. Oleh karena percepatan didefinisikan sebagai besar perubahan kecepatan, perubahan arah kecepatan menyebabkan percepatan sebagaimana juga perubahan besar kecepatan. Dengan demikian, benda yang mengelilingi sebuah lingkaran terus dipercepat, bahkan ketika lajunya tetap konstan ($v_1 = v_2 = v$).



Gambar 2.12 Sebuah benda bergerak membentuk suatu lingkaran

2) Periode dan Frekuensi

Gerak melingkar sering dideskripsikan dalam frekuensi (f), yaitu jumlah putaran tiap satuan waktu atau jumlah putaran per detik. Sementara itu, periode (T) adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh satu putaran. Hubungan antara periode (T) dan frekuensi (f) adalah:

$$T = \frac{1}{f} \text{ atau } f = \frac{1}{T} \quad (2-36)$$

dengan:

T = periode (s)

f = frekuensi (Hz)

3) Posisi Sudut

Gambar 2.13 melukiskan sebuah titik P yang berputar terhadap sumbu yang tegak lurus terhadap bidang gambar melalui titik O.

Jika θ adalah sudut pusat lingkaran yang panjang busurnya s dan jari-jarinya r ,

diperoleh hubungan:

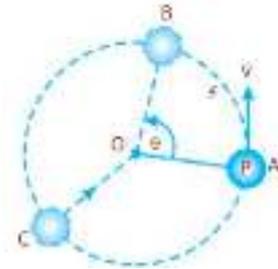
$$\theta = \frac{s}{r} \quad (2-37)$$

dengan:

θ = lintasan/posisi sudut (rad)

s = busur lintasan (m)

r = jari-jari (m)



Gambar 2.13 Titik P berotasi dengan sumbu di O

4) Kecepatan Sudut/Kecepatan Angular

Kecepatan sudut didefinisikan sebagai besar sudut yang ditempuh tiap satu satuan waktu. Untuk partikel yang melakukan gerak satu kali putaran, didapatkan sudut yang ditempuh $\theta = 2\pi$ dan waktu tempuh $t = T$.

Berarti, kecepatan sudut (ω) pada gerak melingkar beraturan dapat dirumuskan:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = 2\pi f \quad (2-38)$$

dengan:

ω = kecepatan sudut (rad/s)

T = periode (s)

f = frekuensi (Hz)

5) Kecepatan Tangensial/Kecepatan Linear

Kecepatan linear adalah hasil bagi panjang lintasan linear yang ditempuh partikel dengan selang waktu tempuhnya.

$$\begin{aligned} \text{Kelajuan linear} &= \frac{\text{panjang lintasan linear}}{\text{selang waktu tempuh}} \\ \omega &= \frac{2\pi r}{T} \quad \omega = 2\pi r f \end{aligned} \quad (2-39)$$

dengan:

v = kecepatan linier (m/s)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

6) Percepatan Sentripetal

Percepatan yang selalu mengarah ke pusat lingkaran disebut percepatan sentripetal (a_s), dirumuskan:

$$a_s = \frac{v^2}{r} \quad a_s = r \omega^2 \quad (2-40)$$

dengan:

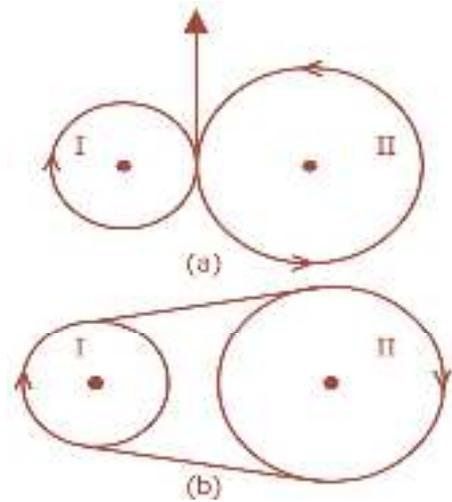
a_s = percepatan sentripetal (m/s^2)

v = kecepatan linier (m/s)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

7) Hubungan Roda-Roda pada Gerak Melingkar

Hubungan roda-roda pada gerak melingkar dapat berupa sistem langsung yaitu dengan memakai roda-roda gigi atau roda-roda gesek, atau sistem tak langsung, yaitu dengan memakai streng/rantai/pita.



Pada Gambar 2.14 menunjukkan roda I berputar atau bergerak melingkar

beraturan hingga roda II

mengikutinya bergerak melingkar beraturan. Hubungan roda-roda pada gerak melingkar, baik memakai sistem langsung atau tak langsung, kecepatan linier (v) roda tersebut baik roda I dan II adalah sama, tetapi kecepatan sudutnya (ω) berlainan. Dengan demikian dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v_1 = v_2 \quad (2-41)$$

dengan:

$$v_1 r_1 = v_2 r_2$$

v_1 = kecepatan linier roda I (m/s) v_2

= kecepatan linier roda II (m/s) ω_1

= kecepatan sudut roda I (rad/s) ω_2

= kecepatan sudut roda II (rad/s) r_1

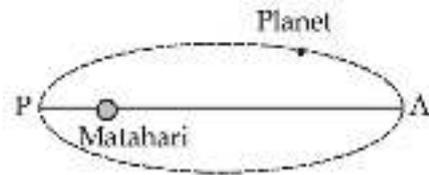
= jari-jari roda I (m)

r_2 = jari-jari roda II (m)

b) Gravitasi

1) Hukum Kepler I

Setiap planet bergerak pada lintasan elips dengan Matahari berada pada salah satu titik fokusnya.



Gambar 2.15 Lintasan planet mengitari Matahari berbentuk elips

2) Hukum Kepler II

Garis yang menghubungkan Matahari dengan planet dalam selang waktu yang sama menghasilkan luas juring yang sama.



Gambar 2.16 Luas juring dari planet dalam mengelilingi Matahari adalah sama untuk selang waktu yang sama

3) Hukum Kepler III

Kuadrat waktu edar planet (periode) berbanding lurus dengan pangkat tiga jarak planet itu dari Matahari.

$$T^2 \sim r^3$$

dengan:

$$\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3} \quad (2-42)$$

T_1 = periode planet I

T_2 = periode planet II

r_1 = jarak rata-rata planet I ke Matahari

r_2 = jarak rata-rata planet II ke Matahari

4) Hukum Gravitasi Newton

Menurut Newton, gaya gravitasi antara dua benda merupakan gaya tarik-menarik yang berbanding lurus dengan massa setiap benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua benda tersebut.

Secara matematis, pernyataan mengenai gaya gravitasi tersebut dituliskan sebagai berikut:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2-43)$$

dengan:

F = gaya gravitasi (N)

G = konstanta gravitasi = $6,672 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kgs}^2$

m_1 = massa benda I (kg)

m_2 = massa benda II (kg)

r = jarak antara pusat massa m_1 dan m_2 (m)

5) Medan Gravitasi

Medan gravitasi adalah ruang yang masih dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Besar medan gravitasi sama dengan gaya gravitasi per satuan massa. Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} g &= \frac{F}{m} \\ g &= G \frac{m}{r^2} \end{aligned} \quad (2-44)$$

dengan:

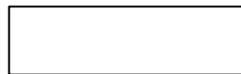
g = kuat medan gravitasi (N/kg)

5. Usaha dan Energi

a) Usaha

Dalam fisika, usaha memiliki definisi yang lebih khusus. Jika Anda memberikan gaya konstan F pada suatu benda sehingga menyebabkan benda berpindah sejauh s , usaha W yang dilakukan gaya tersebut dinyatakan dengan:

$$W = F \cdot s \quad (2-45)$$



dengan:

F = gaya (N)

s = perpindahan (m)

W = usaha (Nm = Joule)

b) Energi

1) Pengertian Energi

Secara umum, dapat dikatakan bahwa energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Energi baru dapat dirasakan manfaatnya apabila energi tersebut telah berubah bentuk. Contohnya, energi kimia dalam bahan bakar berubah menjadi energi gerak untuk memutar roda. Energi listrik berubah menjadi energi cahaya lampu, menjadi energi kalor pada setrika, *rice cooker*, *magic jar*, dan dispenser, serta menjadi energi gerak pada bor, mesin cuci, *mixer*, dan kipas angin.

2) Energi Potensial

Energi potensial terbagi atas dua, yaitu energi potensial gravitasi dan energi potensial elastis. Energi potensial gravitasi ini timbul akibat tarikan gaya gravitasi Bumi yang bekerja pada benda. Jika massa beban diperbesar, energi potensial gravitasinya juga akan membesar. Demikian juga, apabila ketinggian benda dari tanah diperbesar, energi potensial gravitasi beban tersebut akan semakin besar. Hubungan ini dinyatakan dengan persamaan:

$$EP = m \cdot g \cdot h \quad (2-46)$$

dengan:

EP = energi potensial (Joule)

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

h = tinggi benda (m)

3) Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki suatu benda karena gerakannya. Jadi, setiap benda yang bergerak memiliki energi kinetik. Contohnya, energi kinetik dimiliki oleh mobil yang sedang melaju, pesawat yang sedang terbang, dan anak yang sedang berlari. Secara umum, persamaan energi kinetik dituliskan sebagai berikut:

$$EK = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (2-47)$$

dengan:

EK = energi kinetik (Joule)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan benda (m/s)

4) Hukum Kekekalan Energi Mekanik

Energi mekanik dapat didefinisikan sebagai jumlah energi potensial dan energi kinetik yang dimiliki oleh suatu benda atau disebut juga energi total. Besarnya energi mekanik suatu benda selalu tetap, sedangkan energi kinetik dan energi potensialnya dapat berubah-ubah.

Penulisannya secara matematis adalah sebagai berikut:

$$EM = EP + EK \quad (2-48)$$

dengan:

EM = energi mekanik (Joule)

EP = energi potensial (Joule)

EK = energi kinetik (Joule)

6. Momentum dan Impuls

a) Momentum

Sebuah truk bermuatan penuh akan lebih sulit untuk berhenti daripada sebuah mobil kecil, walaupun kecepatan kedua kendaraan itu sama. Kenapa demikian? Dalam pengertian fisisnya dikatakan bahwa momentum truk lebih besar daripada mobil. Secara fisika, pengertian momentum adalah hasil kali antara massa benda (m) dan kecepatannya (v), yang dituliskan sebagai berikut:

$$p = m \cdot v$$

(2-49)

dengan:

m = massa benda (kg)

v = kecepatan benda (m/s)

p = momentum benda (kgm/s)

Dari Persamaan (2-49) tersebut, dapat dilihat bahwa momentum merupakan besaran vektor karena memiliki besar dan arah.

b) Impuls

Ketika Anda menendang sebuah bola yang sedang diam. Walaupun kontak antara kaki Anda dan bola hanya sesaat, namun bola dapat bergerak dengan kecepatan tertentu. Dalam pengertian momentum, dikatakan bahwa pada bola terjadi perubahan momentum akibat adanya gaya yang diberikan dalam selang waktu tertentu. Gaya seperti ini, yang hanya bekerja dalam selang waktu yang sangat singkat, disebut gaya impulsif. Oleh karena itu, perkalian antara gaya dan selang waktu gaya itu bekerja pada benda disebut impuls. Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$I = F \Delta t = \Delta p$$

(2-50)

dengan:

F = gaya (N)

Δt = selang waktu (sekon)

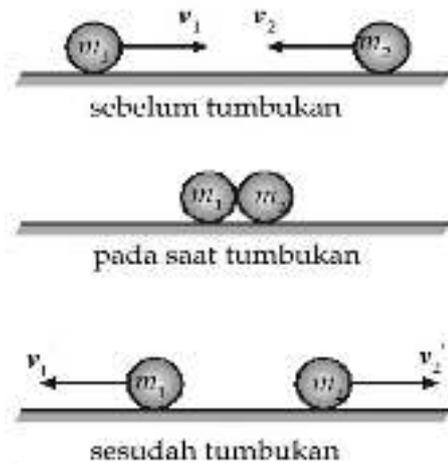
I = impuls gaya (N.S)

Δp = perubahan momentum benda (kgm/s)

c) Hukum Kekekalan Momentum

1) Hukum Kekekalan Momentum

Dua benda dapat saling bertumbukan, jika kedua benda bermassa m_1 dan m_2 tersebut bergerak berlawanan arah dengan kecepatan masing-masing v_1 dan v_2 . Apabila sistem yang mengalami tumbukan itu tidak mendapatkan gaya luar, menurut Persamaan (2-50) diketahui bahwa apabila $F = 0$ maka $\Delta p = 0$ atau $p = \text{konstan}$.



Gambar 2.17 Urutan gerak dua benda m_1 dan m_2 mulai dari sebelum tumbukan hingga sesudah tumbukan

Dengan demikian, didapatkan bahwa jumlah momentum benda sebelum tumbukan akan sama dengan jumlah momentum benda setelah tumbukan. Hal ini disebut sebagai Hukum Kekekalan Momentum. Perhatikanlah Gambar 2.17. Sebelum tumbukan, kecepatan masing-masing adalah benda v_1 dan v_2 . Sesudah tumbukan, kecepatannya menjadi v_1' dan v_2' . Apabila F_{12} adalah gaya dari m_1 yang dipakai untuk menumbuk m_2 , dan F_{21} adalah gaya dari m_2 yang dipakai untuk menumbuk m_1 maka menurut Hukum III Newton diperoleh hubungan sebagai berikut:

dengan:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (2-51)$$

51)

m_1 = massa benda I (kg)

m_2 = massa benda II (kg)

v_1 = kecepatan benda I sebelum tumbukan (m/s)

v_2 = kecepatan benda II sebelum tumbukan (m/s)

v_1' = kecepatan benda I setelah tumbukan (m/s)

v_2' = kecepatan benda II setelah tumbukan (m/s)

2) Hukum Kekekalan Energi pada Tumbukan

Tumbukan antara dua benda dikatakan lenting (elastis) sempurna apabila jumlah energi mekanik benda sebelum dan sesudah tumbukan tetap. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa energi mekanik adalah energi potensial ditambah energi kinetik. Untuk benda yang bertumbukan pada bidang datar, energi potensial benda tidak berubah sehingga yang ditinjau hanya energi kinetiknya saja. Jadi, akan berlaku pernyataan bahwa jumlah energi kinetik benda sebelum dan sesudah bertumbukan adalah tetap. Hukum kekekalan energi untuk tumbukan lenting sempurna dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 EK_1 + EK_2 &= EK_1' + EK_2' \\
 \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 &= \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2
 \end{aligned}
 \tag{2-52}$$

Hukum kekekalan momentumnya dapat dituliskan menjadi:

$$\frac{(v_1' - v_2')}{(v_1 - v_2)} = 1
 \tag{2-53}$$

Secara umum, dapat dituliskan menjadi:

$$\frac{(v_1' - v_2')}{(v_1 - v_2)} = e
 \tag{2-54}$$

dengan e adalah koefisien restitusi. Harga dari e adalah $1 > e > 0$. Apabila $e = 1$, tumbukan lenting sempurna
 $e = 0$, tumbukan tidak lenting sama sekali
 $e = 0,1; 0,2; 0,5$; dan sebagainya maka disebut tumbukan lenting sebagian.

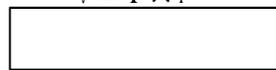
7. Gerak Rotasi

a) Momen Gaya

Momen gaya (torsi) adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan benda tersebut berotasi. Definisi momen gaya secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\tau = r \times F \quad (2-55)$$

dengan:



r = lengan gaya = jarak sumbu rotasi ke titik tangkap gaya (m)

F = gaya yang bekerja pada benda (N)

τ = momen gaya (Nm)

Apabila gaya F yang bekerja pada benda membentuk sudut tertentu dengan lengan gayanya (r), persamaan (2-55) akan berubah menjadi:

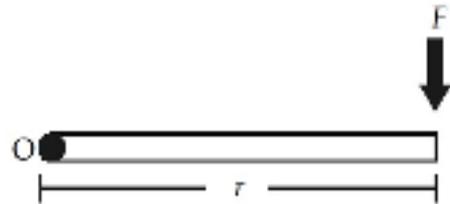
$$\tau = rF \sin \theta \quad (2-56)$$

Sebagai besaran vektor, momen gaya (τ) memiliki besar dan arah. Perjanjian tanda untuk arah momen gaya adalah sebagai berikut:

- 1) Momen gaya (τ) diberi tanda positif jika cenderung memutar benda searah putaran jarum jam, atau arahnya mendekati pembaca, dan

2) Momen gaya (τ) diberi tanda negatif

jika cenderung memutar benda
berlawanan arah putaran jarum jam,
atau arahnya menjauhi pembaca.



Gambar 2.18 Sebuah batang dikenai gaya yang tegak lurus terhadap batang dan berjarak r terhadap titik tumpu O

b) Momen Inersia

Sebuah benda yang berotasi pada sumbunya, cenderung untuk terus berotasi pada sumbu tersebut selama tidak ada gaya luar (momen gaya) yang bekerja padanya. Ukuran yang menentukan kelembaman benda terhadap gerak rotasi dinamakan momen inersia (I). Momen inersia suatu bergantung pada massa benda dan jarak massa benda tersebut terhadap sumbu rotasi. Jika benda berupa partikel atau titik bermassa m berotasi mengelilingi sumbu putar yang berjarak r , momen inersia partikel itu dinyatakan dengan persamaan:

$$I = mr^2 \quad (2-57)$$

dengan:

I = momen inersia (Kg m^2)

m = massa partikel (kg)

r = jari-jari rotasi (m)

Apabila terdapat banyak partikel dengan massanya masing-masing m_1 , m_2 , dan m_3 serta memiliki jarak masing-masing r_1 , r_2 , dan r_3 terhadap poros (sumbu rotasi), momen inersia total partikel tersebut adalah penjumlahan momen inersia setiap partikelnya. Secara matematis, dituliskan sebagai berikut:

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 \quad (2-58)$$

c) Hubungan antara Momen Gaya dan Percepatan Sudut

Hubungan antara momen gaya dan percepatan sudut pada gerak rotasi analog dengan Hukum II Newton pada gerak translasi. Pada gerak rotasi, berlaku hubungan sebagai berikut:

$$\tau = I\alpha \quad (2-59)$$

dengan:

τ = momen gaya (Nm)

I = momen inersia (kg m^2)

α = percepatan sudut (rad/s^2)

d) Energi dan Usaha dalam Gerak Rotasi

Gerak menggelinding adalah perpaduan antara gerak rotasi dengan gerak translasi. Dalam melakukan gerak menggelinding, dibutuhkan gaya gesek antara benda dengan permukaan. Jika tidak ada gaya gesek maka benda tersebut akan tergelincir atau slip (benda hanya melakukan gerak translasi).

Ketika sedang menggelinding, benda memiliki energi kinetik yang terbagi atas dua jenis, yaitu energi kinetik translasi dan energi kinetik rotasi.

Pada benda yang bergerak translasi, energi kinetiknya adalah energi kinetik translasi, yaitu:

$$EK_{\text{trans}} = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2-60)$$

Sedangkan, pada benda yang berotasi murni, energi kinetiknya adalah energi kinetik rotasi, yaitu:

$$\frac{1}{2} I \omega^2 \quad (2-$$

$$EK_{\text{rot}} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Pada benda yang menggelinding, gerak benda merupakan perpaduan antara gerak translasi dan gerak rotasi. Oleh karena itu, energi kinetik yang dimiliki benda adalah energi kinetik total, yaitu:

$$EK_{\text{tot}} = EK_{\text{trans}} + EK_{\text{rot}} \quad (2-62)$$

$$EK_{\text{tot}} = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$$

Jika resultan momen gaya luar yang bekerja pada benda sama dengan nol (tidak ada momen gaya luar yang bekerja pada benda), pada gerak rotasi tersebut berlaku Hukum Kekekalan Energi Mekanik, yang dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta EP = EK_{\text{trans}} + EK_{\text{rot}} \quad (2-63)$$

e) Momentum Sudut dan Hukum Kekekalan Momentum Sudut

Pada benda yang melakukan gerak rotasi juga terdapat momentum yang disebut momentum sudut. Momentum sudut didefinisikan sebagai perkalian antara momen inersia dan kecepatan sudut. Secara matematis, ditulis sebagai berikut:

$$L = I \omega \quad (2-64)$$

dengan:

I = momen inersia (kg m^2)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

L = momentum sudut (kgm^2/s)

Momentum sudut merupakan besaran vektor karena memiliki besar dan arah. Arah momentum sudut dapat ditentukan dengan aturan tangan kanan.

Apabila jari-jari benda yang melakukan gerak rotasi jauh lebih kecil dibandingkan dengan jarak benda itu terhadap sumbu rotasi r , momentum sudut benda itu dinyatakan sebagai momentum sudut partikel yang secara matematis dituliskan sebagai:

$$L = m \mathbf{r} \times \mathbf{v} \quad (2-65)$$

Jika momen gaya luar sama dengan nol, berlaku Hukum Kekekalan Momentum Sudut, yaitu momentum sudut awal akan sama besar dengan momentum sudut akhir. Secara matematis, pernyataan tersebut ditulis sebagai berikut:

$$L_{\text{awal}} = L_{\text{akhir}}$$

$$I_1 \omega_1 + I_2 \omega_2 = I_1 \omega_1' + I_2 \omega_2' \quad (2-$$

66)

BAB III METODOLOGI

PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri Sekota Medan

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun pelajaran 2018/2019. Adapun yang menjadi tahap-tahap yang dilakukan mulai dari awal sampai selesai penelitian seperti terlihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Tahap-Tahap Pelaksanaan Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan								
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep
1.	Persiapan Proposal Penelitian	√	√							
2.	Bimbingan Proposal		√							
3.	Penyusunan Instrumen Penelitian			√						
4.	Seminar Proposal				√					
5.	Mengurus Surat Izin Penelitian					√				
6.	Pelaksanaan Penelitian/Pengumpulan Data							√		
7.	Pengolahan Data/Analisis Data							√	√	
8.	Bimbingan Skripsi							√	√	√
9.	Pengesahan Dosen									√

B. Populasi Dan Sampel Penelitian

1. Populasi

Populasi adalah keseluruhan subjek penelitian (Arikunto, 2006: 130). Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas objek/subjek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2003: 55).

Dari pengertian di atas, dapat dipahami bahwa populasi adalah keseluruhan objek atau subjek penelitian dalam suatu lingkungan atau wilayah penelitian yang telah ditentukan. Populasi dalam penelitian ini terdiri dari 21 sekolah dimana populasi ini dibatasi pada karakteristik kesamaan wilayah, status sekolah, dan kesamaan pernah mempelajari materi mekanika sebelumnya. Sehubungan dengan hal di atas, maka dalam penelitian ini yang dijadikan populasi penelitian adalah seluruh SMA Negeri Sekota Medan yang berjumlah 21 sekolah.

2. Sampel

Sampel adalah sebagian atau wakil populasi yang diteliti (Arikunto, 2006: 131). Ada 6 alasan perlunya pengambilan sampel menurut Sudjana yaitu 1) ukuran populasi, 2) faktor biaya, 3) faktor waktu, 4) percobaan yang sifatnya merusak/mengganggu, 5) faktor kecermatan penelitian, dan 6) faktor ekonomi (Sudjana, 2005: 161).

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik *sampling*. Teknik *sampling* adalah cara untuk menentukan sampel yang jumlahnya sesuai dengan ukuran sampel yang akan dijadikan sumber data sebenarnya, dengan

memperhatikan sifat-sifat dan penyebaran populasi agar diperoleh sampel yang representatif (Margono, 2010: 125). Dalam penelitian ini, sekolah yang dijadikan sampel penelitian dipilih dengan menggunakan teknik *proportional stratified random sampling*. Dengan menggunakan teknik *proportional stratified random sampling*, maka didapatkan sampel yang terdiri dari strata atas, tengah, dan bawah masing-masing diperoleh dua sekolah setiap strata yaitu SMAN 3 Medan, SMAN 5 Medan, SMAN 6 Medan, SMAN 8 Medan, SMAN 12 Medan, dan SMAN 16 Medan. Pembagian dan pengambilan sampel di atas dilakukan dengan mengacu pada nilai rata-rata ujian nasional untuk mata pelajaran fisika sekolah tersebut T.P. 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, dan 2017/2018 beserta nilai akreditasi tiap sekolah sebagai bahan pertimbangan. Dari masing-masing sekolah yang menjadi sampel di atas, maka diambil dua kelas setiap sekolah sebagai sampel kelompok responden, pengambilan sampel kelompok responden ini dilakukan dengan menggunakan teknik *cluster random sampling*. *Cluster random sampling* berarti penarikan dari populasi yang telah dikelompokkan terlebih dahulu yang dipilih secara acak (Anggoro, M. Toha, 2008).

C. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan prosedur sebagai berikut:

1. Tahap Awal

Kegiatan awal yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu melakukan identifikasi masalah, merumuskan masalah, menyusun rancangan penelitian, melakukan observasi untuk melihat lingkungan sekolah, mendapatkan informasi dari pihak sekolah tentang situasi dan kondisi sekolah yang akan dijadikan tempat penelitian, memberitahukan informasi kepada pihak sekolah tentang kegiatan penelitian, dan meminta izin kepada pihak sekolah untuk mengadakan penelitian di sekolah tersebut.

2. Tahap Persiapan

- a) Pemilihan konsep fisika yang akan diidentifikasi
- b) Menentukan sampel penelitian
- c) Menyusun instrumen penelitian

3. Tahap Pelaksanaan

- a) Memberikan tes pilihan berganda *four tier multiple choice diagnostic test* (pengumpulan data)
- b) Melakukan pengolahan data
- c) Melakukan analisis data



Gambar 3.1 Bagan Prosedur Penelitian

D. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kualitatif bersifat deskriptif, yaitu penelitian yang dimaksudkan untuk mengetahui keadaan sesuatu mengenai apa, bagaimana, berapa banyak, sejauh mana, dan sebagainya. Dengan kata lain, penelitian deskriptif mampu memberikan pemaparan, penjabaran, atau gambaran mengenai sesuatu yang diteliti dalam bentuk uraian naratif.

E. Instrumen Penelitian

Instrumen dalam penelitian adalah suatu alat yang digunakan untuk mengumpulkan data dan informasi yang diinginkan. Instrumen penelitian ini dibuat berdasarkan hasil dari konsultasi dengan dosen pembimbing. Dalam proses pengumpulan data tersebut akan menggunakan beberapa metode. Jenis metode yang dipilih dan digunakan dalam pengumpulan data haruslah sesuai dengan sifat dan karakteristik penelitian yang dilakukan. Beberapa instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Angket

Angket adalah alat untuk mengumpulkan data yang berupa daftar pertanyaan yang disampaikan kepada responden untuk dijawab secara tertulis (Yatim Riyanto, 2010: 87). Dalam penelitian ini, lembar angket digunakan untuk mengetahui minat siswa pada pelajaran fisika dan mencari tahu kesulitan siswa selama pelajaran fisika berlangsung sehingga dapat diketahui penyebab terjadinya miskonsepsi pada pembelajaran fisika. Jenis angket yang digunakan dalam penelitian ini adalah angket dengan pertanyaan tertutup. Alasan digunakannya angket jenis tertutup dalam penelitian ini karena angket ini mudah untuk diisi oleh responden, memerlukan waktu yang relatif singkat, memusatkan responden pada pokok persoalan, relatif objektif, serta sangat mudah ditabulasikan sehingga memudahkan peneliti dalam menganalisis terhadap semua angket yang terkumpul (Riyanto, 2010: 87).

Lembar angket pada penelitian ini akan dianalisis menggunakan skala Likert. Skala Likert dikembangkan oleh Rensis Likert pada tahun 1932 (Nazir,

2005: 338). Skala Likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang tentang fenomena sosial (Sugiyono, 1999: 86). Indikator yang digunakan dalam angket ini adalah indikator minat belajar siswa yaitu kesukaan, ketertarikan, perhatian, dan keterlibatan seperti terlihat pada Lampiran 5. Angket dibuat dalam bentuk pertanyaan yang disesuaikan dengan minat belajar siswa dan jawaban dari responden akan ditandai dengan tanda *ceklist* (\checkmark). Jawaban dari responden akan dikategorikan menjadi empat bagian yaitu sangat sesuai, sesuai, tidak sesuai, dan sangat tidak sesuai. Adapun kriteria dalam menjawab lembar angket akan disesuaikan berdasarkan kategori berikut ini:

- a) **Sangat Sesuai (SS)**: Jika responden merasa sangat setuju dan sependapat atas pernyataan tersebut
- b) **Sesuai (S)** : Jika responden hanya merasa setuju atas pernyataan tersebut
- c) **Tidak Sesuai (TS)** : Jika responden merasa tidak sependapat dengan pernyataan tersebut
- d) **Sangat Tidak Sesuai (STS)** : Jika responden merasa sangat tidak sependapat dan menganggap pernyataan itu salah

2. Tes

Tes adalah cara (yang dapat dipergunakan) atau prosedur (yang perlu ditempuh) dalam rangka pengukuran dan penilaian dibidang pendidikan, yang berbentuk pemberian tugas atau serangkaian tugas baik berupa pertanyaan-pertanyaan (yang harus dijawab), atau perintah-perintah (yang harus dikerjakan) oleh *testee*, sehingga (atas dasar data yang diperoleh dari hasil pengukuran tersebut) dapat dihasilkan nilai yang melambangkan tingkah laku

atau prestasi *testee*; nilai mana dapat dibandingkan dengan nilai-nilai yang dicapai oleh *testee* lainnya, atau dibandingkan dengan nilai standar tertentu (Sudijono, 2011: 67).

Tes yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes diagnostik berbentuk empat tingkatan (*four tier diagnostic test*). Tes diagnostik (*diagnostic test*) adalah tes yang dilaksanakan untuk menentukan secara tepat jenis kesukaran yang dihadapi oleh siswa dalam suatu mata pelajaran tertentu. Tes ini digunakan untuk menentukan kemampuan siswa dalam memahami konsep fisika dan mengetahui apakah siswa mengalami miskonsepsi atau tidak selama mempelajari konsep fisika. Dengan diketahuinya jenis-jenis kesukaran yang dihadapi oleh siswa itu maka lebih lanjut akan dapat dicarikan upaya berupa pengobatan (*therapy*) yang tepat (Sudijono, 2011: 70-71). Tes tersebut disusun dalam bentuk pilihan berganda (*multiple choice*) yang berjumlah 25 butir soal yang berisikan konsep materi mekanika seperti terlihat pada Lampiran 3. Adapun jawaban dari 25 butir soal dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tes dibuat berdasarkan indikator pemahaman konsep menurut taksonomi Anderson pada ranah kognitif yang terbagi dalam mengingat (C1), memahami (C2), menerapkan (C3), analisis (C4), evaluasi (C5), dan mencipta (C6) yang dituangkan dalam bentuk Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Kisi-Kisi Konsep Fisika pada Materi Pokok Mekanika

No.	Sub Materi Konsep	Kemampuan						Jumlah Soal Valid
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	
1.	Kinematika Gerak 1 Dimensi		24	3	2, 9, 16	1, 7		7
2.	Kinematika Gerak 2 Dimensi (Gerak Peluru)				8	4		2
3.	Gerak dan Gaya (Dinamika)		15	12	25	22		4
4.	Gerak Melingkar Beraturan dan Gravitasi			6, 14	5, 21	13, 19		6
5.	Momentum dan Impuls				20	23		2
6.	Usaha dan Energi				10		11	2
7.	Gerak Rotasi			17			18	2

Keterangan :

C1 = Mengingat (*Remember*)C4 = Analisis (*Analyze*)C2 = Memahami (*Understand*)C5 = Evaluasi (*Evaluate*)C3 = Menerapkan (*Apply*)C6 = Mencipta (*Create*)

Tes diberikan kepada siswa yang sudah pernah mendapatkan pelajaran tentang materi mekanika. Adapun kisi-kisi instrumen *four tier multiple choice diagnostic test* dapat dilihat pada Lampiran 2.

H. Teknik Analisis Data

1. Analisis Kelayakan Instrumen Penelitian

a) Validitas Instrumen Penelitian

Sebuah instrumen dikatakan memiliki validitas isi jika dapat mengukur tujuan khusus tertentu yang sejajar dengan materi atau isi pelajaran yang diberikan. Instrumen akan divalidasi oleh dua orang ahli yaitu guru fisika senior SMAN 5 Medan dan SMAS Parulian 1 Medan. Validitas isi yang dilakukan adalah validitas logis karena instrumen yang memenuhi ketentuan valid didasarkan pada hasil penalaran/*judgement*. Adapun validitas instrumen dianalisis dengan *Content Validity Ratio* (CVR) dan *Content Validity Index* (CVI) yang diadopsi dari Lawshe (1975). Adapun teknik analisis validitas ini melalui beberapa tahap sebagai berikut.

1) Penentuan Indeks Penilaian Validator

Data penilaian validator diklasifikasikan berdasarkan skor seperti terlihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Skor Penilaian Validator

Kriteria	Skor	Indeks
Sangat Kurang	1	1
Kurang	2	
Cukup	3	2

Baik	4	3
Sangat Baik	5	

(Purwoko Haryadi, 2014: 74)

2) Menghitung Nilai *Content Validity Ratio* (CVR)

Setelah semua item mendapatkan skor, kemudian data tersebut diolah. Nilai CVR untuk setiap aspek dihitung berdasarkan rumus hitung Lawshe yaitu sebagai berikut:

$$CVR = \frac{N_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}}$$

dengan:

N_e = jumlah aspek yang berindeks 1

N = jumlah seluruh validator

Ketentuan:

Apabila seluruh validator memberikan penilaian dengan indeks 1 untuk aspek yang sama, walaupun secara matematis nilai CVR akan menjadi 1, nilai CVR akan diubah menjadi 0,99.

Dalam penelitian ini, CVR yang digunakan untuk memvalidasi instrumen hanya CVR yang bernilai positif. CVR yang bernilai negatif tidak digunakan.

3) Menghitung Nilai *Content Validity Index* (CVI)

Setelah butir yang valid teridentifikasi, selanjutnya mencari nilai *Content Validity Index* (CVI). Secara sederhana, CVI merupakan rata-rata dari nilai CVR.

$$CVI = \frac{\sum CVR \text{ aspek}}{\text{Jumlah aspek}}$$

4) Kategori Hasil Perhitungan CVR dan CVI

Rentang nilai hasil CVR dan CVI adalah -1 s/d 1. Angka tersebut dikategorikan seperti pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Rentang Hasil Nilai CVR dan CVI

Nilai	Kategori
$-1 < x < 0$	Tidak Baik
0	Baik
$0 < x < 1$	Sangat Baik

(Lawshe, 1975)

b) Kualitas Instrumen Penelitian

Kualitas instrumen penelitian ditentukan dengan analisis Kriteria Penilaian Ideal (KPI). Adapun KPI adalah sebagai berikut.

1) Menghitung Rata-Rata Skor dari Setiap Sub Aspek

Data yang diperoleh dikembangkan menjadi indikator-indikator yang kemudian dianalisis dengan menggunakan skor rata-rata dari setiap sub aspek yang dinilai mulai dari setiap aspek dengan rumus:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

\bar{x} = skor rata-rata

Σx = jumlah skor

n = jumlah validator

2) Mengkonversi Skor Menjadi Skala 5

a) Menghitung Rata-Rata Ideal

$$\bar{x} = \frac{1}{2}(\text{skor maksimal ideal} + \text{skor minimal ideal})$$

dengan:

Skor maksimal ideal = Σ butir kriteria x skor tertinggi

Skor minimal ideal = Σ butir kriteria x skor terendah

b) Menghitung Simpangan Baku Ideal

Simpangan baku ideal dapat dihitung dengan rumus:

$$S_{bi} = \frac{1}{6}(\text{skor maksimal ideal} - \text{skor minimal ideal})$$

c) Menentukan Kriteria Penilaian

Tabel 3.5 Kriteria Penilaian Instrumen

Rentang Skor Kuantitatif	Kategori
$X > \bar{X}$	Sangat Baik
\bar{X}	Baik
\bar{X}	Cukup
\bar{X}	Kurang Baik
$X \leq \bar{X}$	Tidak Baik

(Anidi, 2017: 169)

Persamaan kriteria pada Tabel 3.5 kemudian diubah ke dalam rentang 1-5.

$$\bar{X}(\text{Mean Ideal}) = \frac{1}{2} (5 + 1) = 3$$

$$S_{bi} (\text{SB Ideal}) = \frac{1}{6} (5 - 1) = 0,67$$

Berdasarkan kriteria penilaian skala nilai 5 maka diperoleh kriteria penilaian untuk instrumen penelitian seperti Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Kriteria Penilaian Instrumen Skala 1-5

Rentang Skor Kuantitatif (X)	Kategori	Kesimpulan
$X > 4,26$	Sangat Baik	Dapat dijadikan contoh
$3,42 < X \leq 4,26$	Baik	Dapat digunakan tanpa perbaikan
$2,58 < X \leq 3,42$	Cukup	Dapat digunakan dengan sedikit perbaikan
$1,74 < X \leq 2,58$	Kurang Baik	Dapat digunakan dengan banyak perbaikan
$X \leq 1,74$	Tidak Baik	Belum dapat digunakan

(Anidi, 2017: 170)

2. Validitas Butir Soal Penelitian

Berkaitan dengan pengujian validitas instrumen, Sugiyono menyatakan bahwa instrumen yang valid berarti alat ukur yang digunakan untuk mendapatkan data (mengukur) itu valid. Valid berarti instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur (Sugiyono, 2011: 173).

Untuk dapat menentukan apakah suatu tes hasil belajar telah memiliki validitas atau daya ketepatan mengukur, dapat dilakukan dari dua segi, yaitu dari segi tes itu sendiri sebagai suatu totalitas (validitas tes) dan dari segi itemnya (validitas item). Validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah validitas butir soal atau validitas item yang terdiri dari validitas butir soal *tier* 1 dan *tier* 3 (Sudijono, 2011: 163). Pengertian umum untuk validitas item adalah demikian sebuah item dikatakan valid apabila mempunyai dukungan yang besar terhadap skor total (Arikunto, 2013: 90). Instrumen tes diuji coba kepada beberapa siswa yang bukan subjek dalam penelitian dan digunakan untuk menguji validitas butir soal *tier* 1 dan *tier* 3 dari instrumen yang telah dibuat sebelumnya. Subjek yang menjadi uji coba instrumen tes berasal dari siswa SMA Swasta Parulian 1 Medan Kelas XI MIA 1 berjumlah 33 orang siswa yang beralamat di Jl. Stadion Teladan No. 23, Teladan Barat, Kec. Medan Kota dengan akreditasi A serta subjek yang menjadi sampel uji instrumen tes telah mempelajari sebelumnya semua materi dari konsep mekanika.

Menurut teori yang ada, apabila variabel I berupa data diskret murni atau data dikotomi, sedangkan variabel II berupa data kontinu, maka teknik korelasi yang tepat untuk digunakan dalam mencari korelasi antara variabel I dengan variabel II adalah teknik korelasi *point biserial* (Sudijono, 2011: 185). Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$r_{pbi} = \frac{M_p - M_t}{S_t} \sqrt{\frac{p}{q}}$$

dengan:

γ_{pbi} = koefisien korelasi *point biserial*

M_p = rerata skor dari subjek yang menjawab betul bagi item yang dicari validitasnya

M_t = rerata skor total

S_t = standar deviasi dari skor total proporsi

p = proporsi siswa yang menjawab benar

$$(p = \frac{\text{banyaknyasiswayangbenar}}{\text{jumlah seluruh siswa}})$$

q = proporsi siswa yang menjawab salah ($q = 1 - p$)

Perhitungan validitas butir soal *tier* 1 dan *tier* 3 dalam penelitian ini dibantu dengan *software* Ms. Excel 2007.

Setelah validitas butir soal *tier* 1 dan 3 diperoleh, kemudian dilanjutkan dengan menguji korelasi antara *tier* 1 dan 3 dengan menggunakan teknik analisis korelasional *product moment* dari Karl Pearson. Tujuannya untuk mengetahui ada/tidaknya hubungan yang searah (kesejajaran) antara *tier* 1 dan 3. Adapun rumus untuk mencari koefisien korelasi *product moment* adalah sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{N\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{\{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\}\{N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}}$$

(Arikunto, 2013: 85-89)

dengan:

r_{xy} = koefisien korelasi antara variabel X dan variabel Y, dua variabel yang dikorelasikan

X = skor total untuk variabel X (*tier* 1)

Y = skor total untuk variabel Y (*tier 3*)

N = jumlah siswa

Perhitungan korelasional antara *tier 1* dan *3* dalam penelitian ini dibantu dengan *software SPSS for Windows v.20*.

Setelah diperoleh harga koefisien korelasi di atas, interpretasi harga koefisien korelasi dilakukan dengan mencari angka korelasi “ r ” *product moment* dengan derajat kebebasan sebesar $N-2$, pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$), dengan ketentuan bahwa jika r_{xy} atau γ_{pbi} sama atau lebih besar daripada r_{tabel} atau r_t maka diantara kedua variabel tersebut terdapat korelasi positif yang signifikan atau valid. Sebaliknya, jika r_{xy} atau γ_{pbi} lebih kecil daripada r_{tabel} atau r_t berarti tidak terdapat korelasi positif yang signifikan atau invalid (Sudijono, 2011: 176-181).

3. Reliabilitas Instrumen

Reliabilitas suatu tes merupakan ukuran yang menyatakan tingkat kekonsistenan tes itu, artinya tes itu memiliki keandalan untuk digunakan sebagai alat ukur dalam jangka waktu yang relatif lama. Teknik menentukan reliabilitas tes terdiri dari dua jenis yaitu teknik reliabilitas bentuk uraian dan teknik reliabilitas objektif. Untuk menentukan reliabilitas instrumen *four tier multiple choice diagnostic test*, digunakan teknik reliabilitas objektif. Penentuan reliabilitas tes tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan tiga macam pendekatan, yaitu (1) pendekatan *single test - single trial (single test – single trial method)*, (2) pendekatan *test – retest (single test – double trial method)*, (3) pendekatan *alternate form (double test – double trial method)*.

Dari ketiga macam pendekatan di atas, maka pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan *single test - single trial (single test – single trial method)*. Pendekatan *single test - single trial (single test – single trial method)* ditentukan dengan jalan melakukan pengukuran terhadap satu kelompok subjek, dimana pengukuran itu dilakukan dengan hanya menggunakan satu jenis alat pengukur dan bahwa pelaksanaan pengukuran itu hanya dilakukan sebanyak satu kali. Dengan menggunakan pendekatan *single test - single trial (single test – single trial method)*, maka tinggi rendahnya reliabilitas tes bentuk objektif dapat diketahui dengan melihat besar kecilnya koefisien reliabilitas tes yang dilambangkan dengan r_{11} atau r_{tt} .

Adapun untuk mencari r_{11} dapat digunakan lima jenis formula, yaitu (1) Formula Spearman-Brown, (2) Formula Flanagan, (3) Formula Rulon, (4) Formula Kuder-Richardson, dan (5) Formula C. Hoyt. Dari kelima formula tersebut, maka formula yang digunakan dalam penelitian ini adalah formula Kuder-Richardson 20. Dalam formula Kuder-Richardson, penentuan reliabilitas tes objektif tidak menggunakan teknik belah dua dan dilakukan dengan cara penganalisisan secara langsung terhadap skor-skor item tes yang bersangkutan (Sudijono, 2011: 207-257). Penentuan reliabilitas dilakukan dengan menganalisis reliabilitas untuk *tier* 1 dan 3. Adapun rumus Kuder Richardson 20 (KR 20) adalah sebagai berikut (Arikunto, 2010: 231):

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(\frac{S^2 - \sum pq}{S^2} \right)$$

dengan:

r_{11} = reliabilitas tes secara keseluruhan

p = proporsi subjek yang menjawab item dengan benar

q = proporsi subjek yang menjawab item dengan salah ($q = 1 - p$)

$\sum pq$ = jumlah hasil perkalian antara p dan q

n = banyaknya item

S^2 = standar deviasi dari tes (standar deviasi adalah akar variansi)

Untuk memberikan interpretasi koefisien reliabilitas tes (r_{11}) pada umumnya digunakan patokan sebagai berikut (Sudijono, 2011: 209):

- 1) Apabila r_{11} sama dengan atau lebih besar daripada 0,70 berarti tes hasil belajar yang sedang diuji reliabilitasnya dinyatakan telah memiliki reliabilitas yang tinggi (*reliable*).
- 2) Apabila r_{11} lebih kecil daripada 0,70 berarti tes hasil belajar yang sedang diuji reliabilitasnya dinyatakan belum memiliki reliabilitas yang tinggi (*un-reliable*).

Perhitungan reliabilitas tes dalam penelitian ini dibantu dengan *software* Ms. Excel 2007.

4. Analisis Butir Soal

Analisis butir soal antara lain bertujuan untuk mengadakan identifikasi soal-soal yang baik, kurang baik, dan soal yang jelek. Dengan analisis soal dapat diperoleh informasi tentang kejelekan sebuah soal dan petunjuk untuk mengadakan perbaikan. Analisis butir soal hanya dilakukan pada *tier* 1, karena *tier* 3 merupakan alasan dari pemilihan jawaban pada *tier* 1. Penganalisisan butir soal dalam penelitian ini dibantu dengan *software* ANATES v.4.

Penganalisisan terhadap butir-butir soal dapat dilakukan dari tiga segi yaitu sebagai berikut:

a) Taraf Kesukaran

Soal yang baik adalah soal yang tidak terlalu mudah atau tidak terlalu sulit (Arikunto, 2013). Tingkat kesukaran digunakan untuk mengetahui apakah soal tes termasuk soal mudah, sedang, atau sukar. Bilangan yang menunjukkan sukar dan mudahnya sesuatu soal disebut indeks kesukaran (*difficulty index*). Menurut Witherington dalam (Sudijono, 2011: 371), besarnya indeks kesukaran berkisar antara 0,00 sampai dengan 1,00. Rumus untuk mencari indeks kesukaran soal adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{B}{JS}$$

dengan:

P = indeks kesukaran

B = banyaknya siswa yang menjawab soal itu dengan betul

JS = jumlah seluruh siswa peserta tes

Cara memberikan interpretasi terhadap angka indeks kesukaran menurut ketentuan yang sering diikuti diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 3.7 Interpretasi Indeks Kesukaran

Besarnya P	Klasifikasi
0,00 – 0,30	Sukar
0,31 – 0,70	Sedang
0,71 – 1,00	Mudah

(Arikunto, 2013: 225)

b) Daya Pembeda

Daya pembeda soal adalah kemampuan sesuatu soal untuk membedakan antara siswa yang berkemampuan tinggi dengan responden berkemampuan rendah (Arikunto, 2013). Angka yang menunjukkan besarnya daya pembeda disebut indeks diskriminasi (D).

Untuk menentukan indeks diskriminasi suatu soal, siswa terlebih dahulu diurutkan berdasarkan skor siswa dari yang terbesar hingga terkecil. Kemudian siswa dibagi dalam dua kelompok yaitu kelompok berkemampuan tinggi atau kelompok atas (*upper group*) dan kelompok berkemampuan rendah atau kelompok bawah (*lower group*). Adapun cara menentukan dua kelompok itu bervariasi, ada yang menggunakan pembagian dengan persentase 50% untuk kelompok atas dan 50% untuk kelompok bawah, dapat juga hanya mengambil dengan persentase 20% untuk kelompok atas dan 20% untuk kelompok bawah.

Namun secara umum, para pakar di bidang evaluasi pendidikan lebih banyak menggunakan persentase sebesar 27% untuk masing-masing kelompok. Hal ini disebabkan karena berdasarkan bukti-bukti empirik, pengambilan subjek sebanyak 27% kelompok atas dan 27% kelompok bawah itu telah menunjukkan kesensitifannya, atau dengan kata lain cukup dapat diandalkan. Rumus untuk mencari indeks diskriminasi adalah sebagai berikut:

$$D = \frac{B_A}{J_A} - \frac{B_B}{J_B} = P_A - P_B$$

dengan:

D = indeks diskriminasi

J_A = banyaknya peserta kelompok atas

J_B = banyaknya peserta kelompok bawah

B_A = banyaknya peserta kelompok atas yang menjawab soal itu dengan benar

B_B = banyaknya peserta kelompok bawah yang menjawab soal itu dengan benar

P_A = proporsi peserta kelompok atas yang menjawab benar

P_B = proporsi peserta kelompok bawah yang menjawab benar

Hasil perhitungan dengan menggunakan rumus di atas menggambarkan daya beda soal. Klasifikasi daya beda soal disajikan pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Klasifikasi Indeks Diskriminasi

Indeks Diskriminasi	Klasifikasi
0,00 – 0,20	Jelek (<i>poor</i>)
0,21 – 0,40	Cukup (<i>satisfactory</i>)
0,41 – 0,70	Baik (<i>good</i>)
0,71 – 1,00	Baik Sekali (<i>excellent</i>)
Nilai Negatif	Sangat Buruk (sebaiknya dibuang)

(Arikunto, 2013: 232)

Daya pembeda yang ideal adalah daya beda 0,40 ke atas. Namun untuk ulangan-ulangan harian masih dapat ditolerir daya beda sebesar 0,20 (Wayan, 1983: 136).

c) Pola Jawaban Soal

Pola jawaban soal adalah distribusi siswa dalam hal menentukan pilihan jawaban pada soal bentuk pilihan ganda. Pola jawaban soal diperoleh dengan menghitung banyaknya siswa yang memilih jawaban a, b, c, dan d atau yang tidak memilih pilihan manapun. Dari pola jawaban soal dapat ditentukan apakah pengecoh (*distractor*) berfungsi sebagai pengecoh dengan baik atau tidak. Pengecoh yang tidak dipilih sama sekali oleh siswa berarti pengecoh itu jelek, terlalu menyolok menyesatkan. Sebaliknya dikatakan berfungsi apabila *distractor* tersebut mempunyai daya tarik yang besar bagi pengikut-pengikut tes yang kurang memahami konsep atau kurang memahami bahan (Arikunto, 2013: 233).

Sesuai kelaziman yang berlaku dalam dunia evaluasi hasil belajar bahwa pengecoh (*distractor*) dinyatakan telah dapat menjalankan fungsinya dengan baik apabila *distractor* tersebut sekurang-kurangnya sudah dipilih oleh 5% dari seluruh peserta tes (Sudijono, 2011: 411).

4. Penskoran Tes

Pedoman penskoran *four tier multiple choice diagnostic test* digunakan sebagai pedoman untuk menentukan hasil tes yang telah dilakukan. Menurut Arikunto (2013), rumus yang digunakan untuk penskoran siswa adalah sebagai berikut:

$$S = R$$

dengan:

S = skor yang diperoleh

R = jawaban atau alasan yang benar

Jawaban dan alasan benar diberi skor 1 dan apabila jawaban salah dan alasan salah atau tidak memberikan jawaban diberi skor 0 seperti terlihat pada Lampiran 6.

5. Perhitungan Persentase Angket

Untuk mengolah data angket yang sudah diisi oleh siswa, data angket terlebih dahulu diubah ke dalam bentuk kuantitatif. Setiap kategori jawaban siswa akan diberi skor dengan kriteria untuk setiap kategori seperti terlihat pada Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3.9 Penskoran Jawaban Angket Siswa

Pilihan Jawaban	Skor	
	Pernyataan Positif	Pernyataan Negatif
Sangat Sesuai (SS)	4	1
Sesuai (S)	3	2
Tidak Sesuai (TS)	2	3
Sangat Tidak Sesuai (STS)	1	4

Kemudian data akan diolah dalam dua cara, yaitu dengan menghitung persentase alternatif jawaban angket siswa setiap item dan menghitung rata-rata jawaban angket siswa berdasarkan skor setiap jawaban dari siswa. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui bagaimana tanggapan siswa per indikator dan tanggapan siswa secara keseluruhan mengenai instrumen.

Untuk perhitungan persentase jawaban per item dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\text{Persentase} = \frac{\text{jumlah responden yang memilih alternatif jawaban}}{\text{jumlah seluruh responden}} \times 100\%$$

6. Perhitungan Persentase Miskonsepsi

Data yang diperoleh kemudian diidentifikasi dengan menggunakan *four tier multiple choice diagnostic test*, dimana siswa harus memilih jawaban serta tingkat keyakinan terhadap jawaban yang dipilih, dan alasan dalam pemilihan jawaban tersebut serta tingkat keyakinan terhadap alasan yang dipilih. Materi pada tes ini adalah materi yang pernah dipelajari oleh sampel penelitian. Metode ini dilakukan untuk mengidentifikasi siswa yang paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, dan tidak dapat dikodekan.

Berikut ketentuan untuk membedakan pemahaman konsep siswa antara siswa yang paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, dan tidak dapat dikodekan seperti terlihat pada Tabel 3.10 berikut.

Tabel 3.10 Kombinasi Jawaban *Four Tier Multiple Choice Diagnostic Test*

No.	Kategori	Opsi	Tingkat Keyakinan	Alasan	Tingkat Keyakinan
1.	Miskonsepsi (M)	Salah	Yakin	Salah	Yakin
2.	Tidak Paham Konsep (TPK)	Salah	Yakin	Salah	Tidak Yakin
3.		Salah	Tidak Yakin	Salah	Yakin
4.		Salah	Tidak Yakin	Salah	Tidak Yakin
5.	Paham Konsep (PK)	Benar	Yakin	Benar	Yakin
6.	Paham Sebagian (PS)	Benar	Yakin	Benar	Tidak Yakin
7.		Benar	Tidak Yakin	Benar	Yakin
8.		Benar	Tidak Yakin	Benar	Tidak Yakin
9.		Benar	Yakin	Salah	Yakin

10.	Paham Sebagian (PS)	Benar	Yakin	Salah	Tidak Yakin
11.		Benar	Tidak Yakin	Salah	Yakin
12.		Benar	Tidak Yakin	Salah	Tidak Yakin
13.		Salah	Yakin	Benar	Yakin
14.		Salah	Yakin	Benar	Tidak Yakin
15.		Salah	Tidak Yakin	Benar	Yakin
16.		Salah	Tidak Yakin	Benar	Tidak Yakin
17.	Tidak Dapat Dikodekan (TKD)	Apabila salah satu, dua, tiga atau semuanya tidak diisi			

(Zulfikar et al, 2017)

Jumlah siswa yang paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, dan tidak dapat dikodekan dari hasil analisis tes diagnostik dapat diolah menggunakan rumus berikut ini:

$$P = \frac{f}{N} \times 100\%$$

(Arikunto, 2005: 45)

Keterangan:

P = nilai persentase jawaban responden (persentase paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, dan tidak dapat dikodekan)

f = frekuensi jawaban responden (jumlah responden yang paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, dan tidak dapat dikodekan)

N = jumlah responden

Hasil dari perhitungan nilai persentase dengan menggunakan persamaan di atas dituliskan dan digambarkan dalam bentuk tabel, histogram, dan grafik bundar. Tabel, histogram, dan grafik bundar tersebut akan menjelaskan seberapa besar persentase siswa yang paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, dan tidak dapat dikodekan. Setelah diketahui persentase siswa yang paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, serta tidak dapat dikodekan, kemudian akan dilakukan identifikasi pada butir soal dan sub materi manakah siswa mengalami paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, dan tidak dapat dikodekan serta membuat pengelompokkan sesuai besarnya persentase. Beberapa kategori paham konsep, tidak paham konsep, miskonsepsi, paham sebagian, dan tidak dapat dikodekan berdasarkan besar persentasenya digambarkan pada Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3.11 Kategori Paham Konsep, Tidak Paham Konsep, Miskonsepsi, Paham Sebagian, dan Tidak Dapat Dikodekan

Persentase	Kategori
$0 < P \leq 30\%$	Rendah
$30\% < P \leq 70\%$	Sedang
$70\% < P \leq 100\%$	Tinggi

(Kurniawan & Suhandi, 2016)