

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Konsepsi, Intuisi, dan Konsep Fisika

Konsepsi dapat dilihat sebagai gagasan tentang fakta atau keyakinan pribadi dan berkembang melalui pengalaman (Aretz, Borowski, & Schmeling, 2016; Swinkels, Koopman, & Beijaard, 2013). Konsepsi yang dimiliki mahasiswa dapat diperoleh dari pengalaman sehari-hari, proses pembelajaran, media dan sebagainya (Aretz et al., 2016). Konsepsi dapat berkembang saat membuat prediksi tentang situasi ("Apa yang akan terjadi jika ...?") atau untuk menjelaskan sebuah fenomena (Weil-Barais & Vergnaud, 1990). Ide yang dipegang sebelum instruksi disebut prakonsepsi (John, David E, & Aletta, 1989). Mahasiswa dapat memiliki konsepsi salah ataupun benar, tergantung penguasaan pengetahuan yang dimiliki mahasiswa. Jika mahasiswa tidak memiliki pengetahuan atau sedikit memiliki pengetahuan tentang konsep maka perpeluang memperoleh konsepsi salah, penggunaan intuisi dalam mengkaji peristiwa fisis juga dapat menyebabkan konsepsi salah, yang dikenal dengan istilah miskonsepsi.

Intuisi dijelaskan hanya dengan aturan "*More A-More B*" dan "*Same A-Same B*" (Stavy & Tirosh, 2000). Pada gerak jatuh bebas misalnya mahasiswa memiliki konsepsi bahwa botol yang terisi air penuh, akan sampai ke tanah terlebih dahulu daripada botol yang kosong, contoh ini merupakan penerapan peraturan "*More A-More B*" (Stavy & Tirosh, 2000). Contoh aplikasi "*Same A-Same B*" adalah membandingkan dua tabung air, tabung dipanaskan, sementara yang lainnya tidak dipanaskan, mahasiswa mengklaim bahwa karena volume tabung A meningkat, maka berat tabung A juga meningkat. Mahasiswa menyamakan besaran berat dengan volume. Intuisi adalah sesuatu yang jelas, dan tidak memerlukan bukti lebih lanjut, argumen itu sangat sederhana dan tidak menantang (Isenman, 1997). Intuisi jangka panjang didefinisikan sebagai representasi mental dari fakta-fakta yang tampak jelas (Dreyfus & Eisenberg, 1982). Intuisi merupakan bentuk persepsi

(Isenman, 1997). Dapat disimpulkan bahwa intuisi adalah bentuk persepsi yang jelas tentang sebuah peristiwa, tanpa perlu untuk bukti lebih lanjut. Mengeneralisasi sebuah peristiwa menyebabkan penguatan intuisi. Intuisi dapat menghasilkan keputusan yang tepat atau tidak. Intuisi cenderung untuk menggunakan perasaan yang menghasilkan persepsi dalam proses pengambilan keputusan. Intuisi adalah naluri manusia yang berasal dari dalam dirinya, sehingga setiap individu memiliki potensi untuk menggunakan intuisi dalam mengambil keputusan. Dalam fisika, intuisi pertama kali digunakan oleh filsuf untuk membaca fenomena alam.

Gedgrave (2009) mengungkapkan bahwa konsep tidak lain adalah ide umum atau gagasan yang dibentuk oleh kita menuju obyek, orang atau peristiwa berdasarkan pada pengalaman-langsung sebelumnya atau tidak langsung. Lebih lanjut diungkapkan bahwa “Konsep tidak mutlak, konsep dapat diubah, dimodifikasi atau diganti karena pengalaman lanjut, penelitian ilmiah dan inovasi”. Fisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang alam dan hukum-hukumnya (Gedgrave, 2009). Fisika berkaitan dengan aturan-aturan dasar yang berlaku dalam domain kehidupan, oleh karena itu pemahaman fisika tidak sebatas pada keilmuan fisika, tetapi juga pada penerapannya. Fisika sendiri merupakan ilmu yang mempelajari tentang fenomena alam, lebih spesifik lagi dalam KBBI disebutkan mempelajari tentang zat dan energi.

Dari deskripsi ini dapat ditarik kesimpulan bahwa konsep fisika merupakan pengertian dari fenomena (termasuk: parameter, teori, aturan yang diabstrakan dari fenomena konkrit. Dari berbagai pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa konsep fisika merupakan ide umum atau gagasan untuk mendeskripsikan obyek ataupun fenomena alam dan hukum-hukumnya berdasarkan pada pengalaman-langsung maupun tidak. Dalam mendeskripsikan gagasan atau ide tentunya memerlukan pembasan-pembatasan sehingga persepsi masing-masing individu akan deskripsi objek ataupun fenomena sama antara yang satu dengan yang lain.

Konsep fisika telah diakui oleh manusia sejak pertama kali berinteraksi dengan alam. Kelima indera manusia melakukan pengamatan terhadap alam. Proses komunikasi manusia dengan alam menghasilkan pengalaman yang merupakan fondasi awal pengetahuan. Pengalaman yang dihasilkan sangat kuat dalam

mempengaruhi konsepsi manusia tentang membaca peristiwa fisik. Konsepsi timbul dari pengalaman, atau interaksi lain yang melibatkan perasaan yang dikenal dengan intuisi yang dapat memunculkan miskonsepsi. Konsepsi salah dan miskonsepsi merupakan permasalahan pembelajaran yang menjadi bahan kajian peneliti fisika dan pendidik fisika.

Miskonsepsi merupakan konsep yang dipahami mahasiswa, berbeda dengan konsep yang dipahami ilmuwan/pakar (Hammer, 1996; Giuseppe & Frasher, 2012; Allen, 2010). Konsep-konsep yang berbeda dideskripsikan sebagai kesalahpahaman, konsepsi alternatif, keyakinan naif, ide-ide yang keliru, model pribadi atau realitas, penalaran spontan (Barke, Hazari, Yitbarek, 2009). Banyak istilah tentang miskonsepsi, namun memiliki arti yang hampir sama. Berdasarkan pendapat para ahli diatas, dapat disimpulkan bahwa miskonsepsi merupakan konsepsi yang berbeda dengan kesepakatan pakar yang disebabkan karena penggunaan bahasa intuisi lebih dominan dalam menganalisa suatu peristiwa. Mahasiswa yang mengalami miskonsepsi akan memberikan kesimpulan terhadap suatu peristiwa dengan tingkat kepastian tinggi. Bagi mahasiswa yang mengalami miskonsepsi merasa jawabannya benar. Tingkat kepastian digunakan untuk mengkategorikan konsepsi yang dimiliki mahasiswa (Hasan, Bagayoko, & Kelley, 1999; Webb, Stock, & McCarthy, 1994). Kategori konsepsi berdasarkan tingkat kepastian disajikan pada tabel 2.1a.

Tabel 2.1a Kategori Konsepsi

Konsepsi	tingkat kepastian:	Deskripsi
Benar Salah	rendah	mahasiswa tidak memiliki pengetahuan tentang konsep mahasiswa menebak jawaban
Benar Salah	sedang	Mahasiswa sedikit memiliki pengetahuan tentang konsep mahasiswa berpeluang menebak jawaban
Benar Salah	tinggi	Mahasiswa memahami konsep Mahasiswa mengalami miskonsepsi

Hasil deskripsi pada tabel 2.1a didukung oleh hasil penelitian Cari, Suparmi, Handhika (2016) yang memberikan kesimpulan bahwa mahasiswa yang menjawab benar dengan tingkat kepastian rendah, sedikit memiliki pengetahuan tentang konsep. Pada penelitian ini, tabel 2.1a merupakan dasar pengkategorian dalam level konsepsi. Berdasarkan pemaparan yang diatas dapat disimpulkan bahwa level

konsepsi merupakan pengkategorian konsepsi berdasarkan pengetahuan yang dimiliki mahasiswa dan mempertimbangkan tingkat kepastian atas jawaban yang diberikan. Level konsepsi (tabel 2.1b) diadaptasi dari (Hasan et al., 1999; Webb et al., 1994)

Tabel 2.1b Level Konsepsi Mahasiswa

Level		Deskripsi
Tidak memiliki pengetahuan tentang konsep	0	Tidak memberikan respon jawaban, tingkat kepastian, dan argumentasi
	1	Kepastian Rendah ($K \leq 2$)
	1a	Jawaban benar, tingkat kepastian rendah, Mahasiswa menebak jawaban. Tidak memberikan argumentasi.
	1b	Jawaban salah, tingkat kepastian rendah, mahasiswa tidak memiliki pengetahuan tentang konsep. Tidak memberikan argumentasi.
Sedikit memiliki pengetahuan tentang konsep	2	Kepastian Sedang $2 < K \leq 5$
	2a	Jawaban benar, kepastian sedang, mahasiswa berpeluang menebak jawaban atau sedikit memiliki pengetahuan tentang konsep. Mendebak jawaban diidentifikasi dengan tidak memberikan argumentasi.
		Sedikit pengetahuan tentang konsep diidentifikasi dengan argumentasi yang disampaikan dipresentasikan dalam salah satu atau lebih bentuk presentasi (visual, verbal/teks, dan matematis) namun tidak lengkap/utuh.
	2b	Jawaban salah, kepastian sedang, mahasiswa berpeluang menebak jawaban atau sedikit memiliki pengetahuan tentang konsep Mendebak jawaban diidentifikasi dengan tidak memberikan argumentasi.
Miskonsepsi		Sedikit pengetahuan tentang konsep diidentifikasi dengan argumentasi yang disampaikan dipresentasikan dalam salah satu bentuk presentasi (visual, verbal/teks, dan matematis).
	3	Kepastian Tinggi $K > 5$
Memahami konsep	3*	Jawaban salah, tidak sesuai dengan kesepakatan ilmuwan, tingkat Kasus kepastian tinggi, Mahasiswa mengalami salah konsep (miskonsepsi). Argumentasi yang disampaikan dominan menggunakan intuisi (persepsi yang jelas tentang sebuah peristiwa, tanpa perlu bukti lebih lanjut), dan atau menggunakan generalisasi logika yang tidak sesuai.
	3	Jawaban benar, tingkat kepastian tinggi, Mahasiswa memahami konsep. Argumentasi yang disampaikan dipresentasikan dalam salah satu atau lebih bentuk presentasi (visual, verbal/teks, dan matematis) secara lengkap dan utuh sesuai konsepsi yang disepakati ilmuwan.

Pada tabel 2.1b, miskonsepsi merupakan kondisi khusus dalam kategori level konsepsi. Miskonsepsi terjadi karena pengetahuan tentang konsep diperoleh dengan mengedepankan intuisinya. Aristoteles dan Einstein adalah ilmuwan fisika yang menggunakan intuisi dalam memperoleh pengetahuan, namun dalam konteks masyarakat ilmiah intuisi Einstein diterima oleh masyarakat ilmiah sampai saat ini,

sedangkan Aristoteles mendapatkan penolakan setelah Newton mendeskripsikan konsep inersia. Intusi dapat terjadi pada siapapun, mahasiswa, guru, bahkan dosen. Pada kondisi tertentu dosen dan guru dapat menggunakan intuisinya dalam menganalisis peristiwa, walaupun sebenarnya mereka memiliki cukup pengetahuan untuk menganalisis konsepsinya dengan bahasa fisika dan matematis. Contoh miskonsepsi dengan menggunakan soal tes konsepsi nomor 8 sebagai berikut.

8. Dua bola besi dijatuhkan dari ketinggian (h) yang berbeda (h kurang dari 500 m), seperti yang ditunjukkan gambar 3 berikut.



Gambar 3. dua bola besi dijatuhkan dari ketinggian yang berbeda

Pernyataan yang sesuai dengan gambar 3 adalah...

- Percepatan gravitasi benda hijau lebih besar daripada benda kuning
- Percepatan gravitasi benda hijau lebih besar dua kali dibandingkan benda kuning
- Percepatan gravitasi benda hijau lebih besar daripada benda kuning, tetapi tidak sampai dua kalinya
- Percepatan gravitasi benda kuning lebih besar daripada benda hijau
- Percepatan gravitasi benda kuning, sama dengan percepatan gravitasi benda hijau

Tingkat Kepastian

 1 2 3 4 5 6 7

Berikan argumentasi atas pilihan jawabanmu!

Alternatif jawaban miskonsepsi disajikan pada tabel 2.1c berikut:

Tabel 2.1c Alternatif jawaban miskonsepsi soal tes no. 8

Alternatif	Pilihan	Kepastian	Argumentasi
1	a	6 atau 7	Karena posisi benda hijau lebih dekat dengan bumi dibandingkan benda kuning. $F = \frac{G M m}{R^2}$, maka semakin dekat dengan bumi gaya gravitasinya semakin besar, sehingga percepatan gravitasinya semakin besar
2	b	6 atau 7	Karena posisi benda hijau dua kali lebih dekat dengan bumi dibandingkan benda kuning

3	c	6 atau 7	Karena posisi benda hijau lebih dekat dengan bumi dibandingkan benda kuning
4	d	6 atau 7	Karena posisi benda kuning lebih tinggi dibandingkan dengan bola hijau, maka energi potensial benda kuning lebih besar daripada bola hijau, sehingga bola kuning memiliki percepatan lebih besar daripada benda hijau.

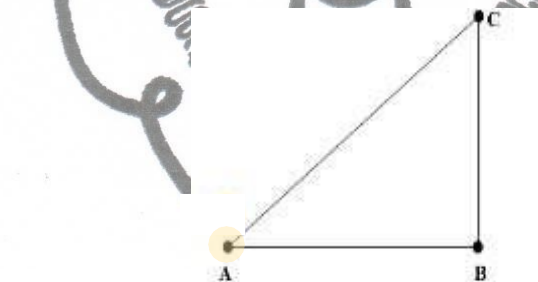
Pada jawaban dan argumentasi yang disajikan pada tabel 2.1c, mahasiswa yang mengalami miskonsepsi memilih tingkat kepastian tinggi. Argumentasi yang disampaikan menggunakan aturan "*More A-More B*". Sebagai contoh karena benda hijau lebih dekat dengan bumi dibandingkan benda kuning maka percepatan gravitasi benda hijau lebih besar daripada benda kuning. Logika ini juga diperkuat dengan persamaan matematis $F = \frac{G M m}{r^2}$, dimana konsep gaya gravitasi dipersepsikan sama dengan percepatan gravitasi, karena dalam fungsi gaya (\vec{F}) terdapat fungsi massa (m) dan percepatan gravitasi (\vec{g}) $F(m, \vec{g})$.

Intuisi muncul begitu saja dan dipersepsikan benar oleh seseorang yang menggunakan intuisinya. Generalisasi analogi besaran fisis menggunakan aturan "*More A-More B*" menyebabkan level kepastian tinggi terhadap jawaban tersebut. Jarak lebih dekat belum tentu percepatan lebih besar, pembuktian ilmiah secara matematis ataupun eksperimen diperlukan untuk memberikan informasi baru yang dapat memunculkan konflik kognitif. Penyamaan konsep gaya gravitasi dan percepatan gravitasi muncul karena persepsi bahwa dalam gaya (\vec{F}) terdapat fungsi percepatan gravitasi (\vec{g}). Persamaan yang ditulis juga mengabaikan persamaan utuh $F = \frac{G M m}{(R+r)^2} r$, dimana R adalah jari-jari bumi dan r adalah jarak benda terhadap permukaan bumi. R oleh seseorang yang mengalami miskonsepsi diasumsikan sebagai jarak benda terhadap permukaan bumi. Pengabaian dan generalisasi ini muncul karena dominasi bahasa intuisi yang memunculkan persepsi yang terlihat benar. Penggunaan aturan "*More A-More B*" juga muncul pada alternative 4, dimana energi potensial di kaitkan dengan percepatan gravitasi. Persamaan $E_p = mgh$, bukan digeneralisasi ketika energi potensial besar, maka percepatan gravitasi besar, walaupun dalam bahasa matematis persepsi seperti ini bisa saja muncul.

Telah dibuktikan secara fisika (Gambar 2.10) maupun komputasi matematis bahwa nilai percepatan gravitasi konstan pada penjelasan berikutnya.

Miskonsepsi juga dapat terjadi karena persepsi yang tidak sesuai seperti yang telah di deskripsikan sebelumnya. Mahasiswa memiliki persepsi bahwa jarak dan perpindahan adalah dua besaran yang sama. Kondisi ini juga diperkuat informasi yang diperoleh dari sumber ajar dan fasilitator mendukung konsep ini. Dalam sumber ajar simbol jarak (Δr) dan perpindahan ($\Delta \vec{r}$) ditulis sama yaitu Δr atau r . kondisi ini memperkuat persepsi bahwa jarak dan perpindahan merupakan besaran yang sama. Pada kondisi tertentu jarak dan “besar perpindahan” bernilai sama, kondisi ini juga memperkuat persepsi dan memunculkan konsep bahwa jarak dan perpindahan sama. Lebih jelasnya perhatikan respon terhadap soal tes konsep nomor 1 berikut.

1. Gambar 1 merupakan presentasi lintasan gerak bola, dimana bola bergerak dari titik A ke B, menuju ke titik A lagi.



Gambar 1. Bola Bergerak dari titik A-B-C-A

Jarak titik A ke titik B 2 meter, B ke C 2 meter. Berdasarkan informasi ini, perpindahan bola tersebut adalah...

- a. $\sqrt{8}$ m b. $(4-\sqrt{8})$ m c. $(4i + \sqrt{8}j)$ m d. $(4+\sqrt{8})$ m e. 0 m

Tingkat Kepastian
1 2 3 4 5 6 7

Berikan argumentasi atas pilihan jawabanmu!

Alternatif jawaban miskonsepsi disajikan pada tabel 2.1d berikut:

Tabel 2.1d Alternatif jawaban miskonsepsi soal tes no. 1

Alternatif	Pilihan	Kepastian	Argumentasi
1	d	6 atau 7	$2+2+\sqrt{8}=4+\sqrt{8}$ m Perpindahan merupakan panjang lintasan yang dilalui benda

Tabel 2.1d mendeskripsikan pilihan dengan tingkat kepastian tinggi. Tingkat kepastian ini didukung dengan argumentasi matematis dan atau tekstual. Dari argumentasi yang dituliskan terlihat bahwa mahasiswa menyamakan konsep perpindahan dan jarak. Kondisi ini tentunya sebagai dampak dari proses pembelajaran yang kurang sesuai dan penggunaan sumber ajar yang tidak valid. Pengetahuan awal yang diterima melahirkan konsepsi, yang di persepsikan benar karena di dukung oleh sumber ajar yang tidak valid dan berbagai informasi dari soal-jawab yang kebetulan memberikan hasil yang sama antara jarak dan perpindahan. Di level SMP dan SMA pengabaian vektor sering dilakukan oleh fasilitator.

2. Analisis Materi Kinematika dan Dinamika

a. Kinematika

1) Konsep dasar Kinematika

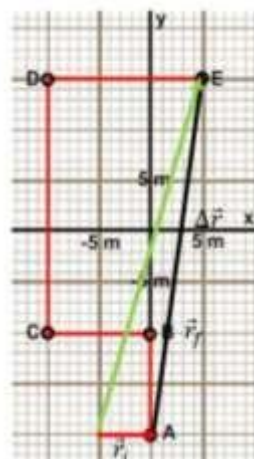
Kinematika merupakan cabang ilmu fisika yang mempelajari tentang gerak tanpa mempelajari penyebabnya. Besaran fisika yang dipelajari dalam kinematika adalah jarak, perpindahan, kelajuan, kecepatan, dan percepatan. Perpindahan, kecepatan dan percepatan merupakan besaran vektor, dalam kajian ini disimbolkan dengan $(\vec{s}, \vec{v}, \vec{a})$.

a) Posisi, Jarak, Perpindahan

Posisi, jarak, dan perpindahan merupakan besaran fisika yang banyak diasumsikan sama oleh mahasiswa. Antwi, Hanson and Savelsbergh (2011) memberikan informasi bahwa mahasiswa mengasumsikan sama dengan perpindahan. Kamus bahasa Inggris mendefinisikan perpindahan sebagai jarak terpendek antara dua titik atau tempat, definisi ini menguatkan konsepsi mahasiswa bahwa jarak juga sama dengan perpindahan. Sukariasih (2016) menyimpulkan bahwa siswa belum dapat menjelaskan peran dan posisi titik referensi pada konsep objek bergerak dan tidak dapat membedakan konsep jarak dan perpindahan. Motlhabane (2016) mengungkap konsepsi perpindahan mahasiswa dengan memanfaatkan presentasi gambar, dimana mahasiswa cenderung menyamakan konsep perpindahan dan jarak. Menyamakan konsep jarak dan perpindahan tidak

hanya terjadi pada siswa, guru juga dapat memiliki konsepsi yang sama. Geronimo (2016) memberikan informasi bahwa 2 dari 15 mahasiswa menyamakan konsep jarak dan perpindahan. Konsep posisi jarak dan perpindahan menjadi masalah yang penting untuk dikaji karena kesulitan mahasiswa dalam membedakan kedua konsep tersebut telah banyak ditemukan. J. Handhika, Cari, Suparmi, & Sunarno, (2017) memberikan informasi bahwa tidak hanya sumber belajar dan guru yang mempengaruhi konsepsi mahasiswa tentang konsep perpindahan dan jarak, bahasa komunikasi lokal juga mempengaruhi konsepsi mahasiswa.

Guna mengkaji konsep posisi, perpindahan dan jarak, berikut dideskripsikan definisi dan contoh konsepsi yang dimiliki oleh mahasiswa. Posisi merupakan presentasi letak suatu objek/ biasanya dipresentasikan menggunakan sistem koordinat koordinat, jarak merupakan Panjang lintasan yang dilalui objek, dan perpindahan merupakan perubahan posisi dengan memperhatikan arah. Guna memahami konsep posisi, jarak, dan perpindahan, perhatikan gambar 2.1.



Gambar 2.1 Representasi Visual Gerak Objek dari Titik A ke E

$\Delta \vec{r}$ merupakan vektor perpindahan posisi yang dialami benda, \vec{r}_f merupakan vektor posisi akhir benda dan vektor \vec{r}_i merupakan posisi awal benda. Ketika objek bergerak, maka objek tersebut mengalami perpindahan. Pada gambar 2.1

menunjukkan bahwa sebuah objek mula-mula berada pada posisi D (-10,15) m bergerak menuju titik E (5,15) m dengan jarak lima belas satuan pada koordinat kartesian (x,y). Perpindahan didefinisikan sebagai perubahan posisi dari D ke E,

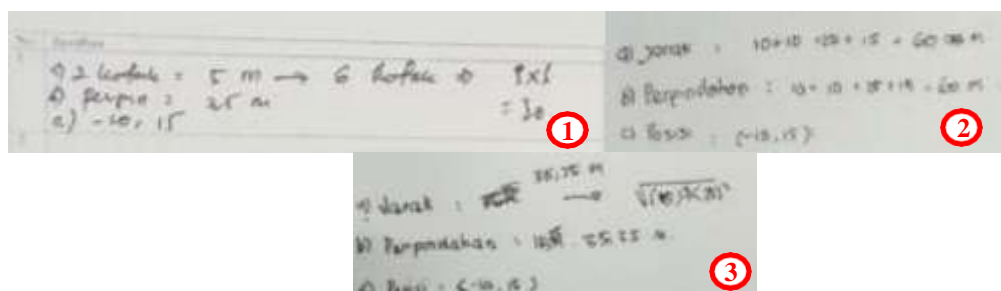
sehingga perpindahan yang dialami benda adalah $15\hat{i}$ m, dimana \hat{i} merupakan vektor satuan pada sumbu x dan \hat{j} merupakan vektor satuan arah sumbu y. Besar perpindahan dapat diperoleh dari $R = |\Delta r| = \sqrt{(15\hat{i} \text{ m})^2 + (0\hat{j} \text{ m})^2} = 15 \text{ m}$. Besar perpindahan berbeda dengan jarak. Besar perpindahan merupakan “besar nilai perpindahan”, walaupun keduanya sama-sama besaran skalar. Kesalahan dalam memahami konsep posisi, jarak, perpindahan terjadi karena mahasiswa banyak menyamakan ketiga konsep tersebut dalam penerapan penyelesaian masalah fisika. Deskripsi konsepsi mahasiswa terhadap konsep posisi, jarak, dan perpindahan dapat dilihat pada respon jawaban dari pertanyaan unit berikut. Untuk menjawab pertanyaan nomor 1 dan 2, perhatikan gambar 2.1.

1. Sebuah mobil bergerak dari depan gedung titik A dan berhenti di titik E, tentukan:
 - (a) jarak mobil dari titik A ke titik E!
 - (b) perpindahan mobil dari titik A ke titik E!
 - (c) posisi mobil di titik D!
2. Sebuah mobil bergerak dari titik B ke titik C, dan kemudian kembali ke titik B, Waktu tempuh B ke C = t s, C ke B = t s. tentukan:
 - (a) perpindahan mobil tersebut !
 - (b) jarak tempuh mobil tersebut !
 - (c) kecepatan mobil tersebut !

Contoh respon mahasiswa terhadap kedua pertanyaan unit sebagai berikut.

Respon Pertanyaan nomor 1

Respon mahasiswa terhadap pertanyaan nomor 1 dapat dilihat pada gambar 2.2a.



Gambar 2.2a. Contoh Respon Mahasiswa Terhadap Pertanyaan Nomor 1

Contoh 1 pada gambar 2.2a pada respon pertanyaan 1.a dan 1.c, mahasiswa tidak menulis satuannya. Contoh 2 pada gambar 2.2a memperlihatkan mahasiswa memberikan respon jawaban yang sama 60 m pertanyaan a dan b (jarak dan perpindahan). Mahasiswa mengetahui jarak merupakan besaran skalar dan perpindahan merupakan besaran vektor, namun memiliki konsepsi penulisannya dalam jawaban di asumsikan sama oleh mahasiswa. Contoh 3 pada gambar 2.2a respon jawaban 1.a memperlihatkan bahwa mahasiswa memiliki konsepsi jarak sama dengan besar perpindahan. Mahasiswa juga menuliskan nilai perpindahan sama dengan besar perpindahan pada respon jawaban 1.b. Respon jawaban 1.c.

Satuan sangat penting dalam pembelajaran fisika. Sebuah besaran akan memiliki makna fisis jika dilengkapi dengan satuan. Sebagai contoh besaran nilai 2 memiliki makna matematis berupa angka, akan memiliki makna fisis jika diikuti dengan satuan meter (m) yang dapat digunakan untuk menyatakan ukuran panjang. Dalam kinematika satuan meter salah satunya digunakan untuk menyatakan jarak. Jika satuan tidak ditulis, maka besaran tersebut tidak memiliki makna.

Respon Pertanyaan Nomor 2

Contoh respon mahasiswa terhadap pertanyaan nomor 2 dapat dilihat pada gambar 2.2b.



Gambar 2.2b. Contoh Respon Mahasiswa Terhadap Pertanyaan Nomor 2

Pada gambar 2.2b, terlihat bahwa mahasiswa memberikan respon yang sama untuk jarak dan perpindahan. Hasil ini memperkuat kesimpulan bahwa mahasiswa memiliki konsepsi bahwa jarak dan perpindahan merupakan besaran yang sama. Walaupun mahasiswa dapat membedakan menjelaskan bahwa perpindahan merupakan besaran vektor dan jarak merupakan besaran skalar, tapi definisi ini tidak digunakan oleh mahasiswa untuk mengevaluasi jawabannya.

b) Kecepatan dan Kelajuan

Konsep kecepatan dan kelajuan sering disamakan dalam bahasa komunikasi. Istilah kelajuan tidak lazim digunakan dalam bahasa komunikasi.

Sebagai contoh sebuah kalimat komunikasi “saya berangkat dari rumah ke kampus dengan kecepatan 80 km/jam karena takut terlambat”. Hasil survei terhadap 7 orang mahasiswa memberikan informasi bahwa judul film “*need for speed*” diartikan sebagai membutuhkan kecepatan. Hasil survei dokumen catatan mahasiswa memperlihatkan bahwa mahasiswa menyamakan simbol kecepatan dan kelajuan, walaupun ketika ditanya banyak mahasiswa yang menjawab bahwa kecepatan adalah besaran vektor dan kelajuan adalah besaran skalar.

Selain konsep perpindahan dan jarak, konsep kecepatan dan kelajuan juga diasumsikan sama oleh mahasiswa. Yildiz (2016) memberikan informasi bahwa bahasa komunikasi menjadi salah satu penyebab mahasiswa menyamakan konsepsi

kecepatan dan kelajuan. (Maret, Pendahuluan, & Barnol, 2015) memberikan informasi bahwa 17,46% mahasiswa tidak dapat membedakan konsep kecepatan dan kelajuan. Sukariasih (2016) juga memberikan informasi yang sama bahwa mahasiswa menyamakan konsep kecepatan dan kelajuan. Reyza, Taqwa and

Hidayat (2017) mengungkapkan bahwa mahasiswa tidak secara konsisten memahami konsep kecepatan. Berbagai pendapat diatas memperkuat kesimpulan bahwa konsep kecepatan dan kelajuan menjadi permasalahan yang perlu dianalisis.

Kecepatan merupakan besaran vektor sedangkan kelajuan merupakan besaran skalar. Kecepatan mempunyai besar dan arah, sedangkan kelajuan hanya mempunyai besar saja. Satuan internasional kecepatan dan kelajuan adalah meter per sekon, disingkat m/s atau ms^{-1} . Gambar 2.2c merupakan kelajuan saat mobil berhenti, dan 2.2d menunjukkan kelajuan saat mobil bergerak.



Gambar 2.2c Kelajuan Saat Mobil Berhenti



Gambar 2.2d Kelajuan Saat Mobil Bergerak

Berdasarkan hasil survei terhadap 7 orang mahasiswa, memberikan informasi bahwa skala yang tertera pada *speedometer* diasumsikan oleh mahasiswa sebagai kecepatan dari mobil tersebut, karena memiliki satuan yang sama dengan kelajuan. *Speedometer* tidak memberikan informasi tentang arah gerak mobil, sehingga angka yang ditunjukkan merupakan kelajuan. Pada gambar 2.2c dan 2.2d menyatakan kelajuan mobil 0 dan 25 km/jam.

Sama halnya dengan konsep perpindahan dan jarak, mahasiswa juga menyamakan konsep kecepatan dan kelajuan, karena memiliki satuan yang sama (m/s) dan diasumsikan memiliki simbol matematis yang sama. Sebagai contoh perhatikan respon jawaban nomor 2c pada gambar 2.2b. mahasiswa menyamakan konsep kecepatan dan kelajuan. Penyamaan konsep ini muncul karena mahasiswa menganggap dalam proses penyelesaian matematis, keduanya memiliki nilai yang sama. Informasi ini diperoleh dari cara mahasiswa menuliskan persamaan untuk kecepatan (Gambar 2.2 nomor 4), dimana mahasiswa mengabaikan simbol vektor saat menyelesaikan kecepatan.

c) Konsep Kecepatan sesaat dan Kecepatan Rata-rata.

Kecepatan rata-rata dan sesaat merupakan dua konsep yang berbeda, baik secara konsep maupun bentuk matematisnya. Ditemukan kesalahan mahasiswa dalam memahami konsep kecepatan sesaat dan kecepatan rata-rata. Handhika, *dkk* (2015) memberikan informasi bahwa mahasiswa tidak dapat membedakan kecepatan rata-rata dan kelajuan rata-rata, 92,06% mahasiswa tidak memahami konsep kecepatan rata-rata dan kecepatan sesaat dalam bentuk grafik. Faktor penyebabnya adalah sumber ajar yang dimiliki mahasiswa menyamakan bentuk simbol persamaan kecepatan dan kelajuan rata-rata serta tidak menuliskan secara lengkap simbol kecepatan sesaat. Dalam pembelajaran, mahasiswa selama ini merasa tidak ada perbedaan antara kecepatan dan kelajuan rata-rata, konsep kecepatan sesaat tidak dipahami secara menyeluruh, terutama representasi bahasa matematisnya. Tidak hanya mahasiswa, guru juga dapat memiliki konsepsi menyamakan konsep kecepatan sesaat dan rata-rata. (Geronimo, 2016) memberikan informasi bahwa 2 dari 15 mahasiswa menyamakan konsepsi kecepatan sesaat dan

rata-rata. Penyebab utama kesulitan mahasiswa membedakan konsep kecepatan sesaat dan rata-rata adalah pemahaman konsep limit. Chiu (2008) mengungkapkan bahwa pemahaman konsep limit mempengaruhi konsepsi mahasiswa terhadap konsep kecepatan sesaat. Deskripsi konsep dan konsepsi mahasiswa tentang kecepatan rata-rata dan sesaat di deskripsikan sebagai berikut.

Kecepatan rata-rata didefinisikan sebagai perubahan vektor posisi dibagi selang waktu. Definisi kecepatan rata-rata identik dengan kecepatan, istilah rata-rata muncul karena pada selang waktu benda bergerak kecepatannya bisa saja berubah-ubah. Jika kecepatannya konstan, maka kecepatan rata-rata akan sama dengan kecepatan. Kecepatan sesaat didefinisikan sebagai kecepatan pada waktu tertentu. Pada waktu tertentu secara matematis dapat didekati dengan limit kecepatan rata-rata. Persamaan kecepatan rata-rata, kecepatan sesaat, dan kejauhan rata-rata dapat dilihat pada persamaan 2.1, 2.2, dan 2.3

$$\vec{v}_{rata-rata} = \bar{\vec{v}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\vec{v} \cong \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \equiv \frac{d\vec{r}}{dt} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$v_{rata-rata} = \bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t} \dots \dots \dots (2.3)$$

Pada persamaan 2.2, kecepatan rata-rata didefinisikan sebagai perubahan vektor perpindahan ($\Delta \vec{r}$) dibagi selang waktu, kecepatan rata-rata juga dapat didefinisikan sama dengan konsep rata-rata dalam statistik, yaitu penjumlahan nilai kecepatan dibagi dengan jumlah kecepatan. Jika kecepatan geraknya \vec{v}_f dan \vec{v}_i , dimana i dan f adalah indek yang menyatakan kondisi awal (i) dan akhir (f), maka persamaan kecepatan rata-ratanya adalah:

$$\bar{\vec{v}} = \frac{\vec{v}_f + \vec{v}_i}{2} \dots \dots \dots (2.4a)$$

Persamaan umum dari persamaan 2.3 adalah

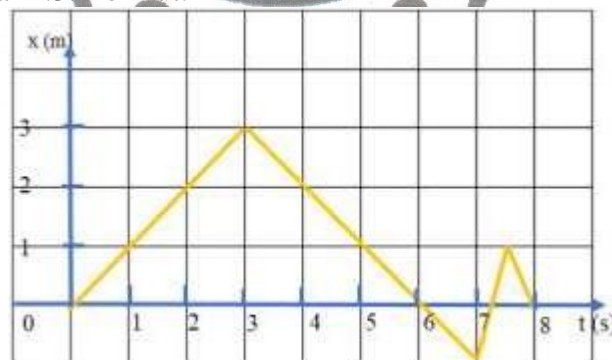
$$\sum_1^n \frac{\vec{v}_n}{n} \dots \dots \dots (2.4b)$$

merupakan jumlah kecepatan dibagi dengan banyaknya kecepatan, n merupakan banyaknya kecepatan n .

Persamaan 2.4b sudah dikenal oleh mahasiswa pada materi matematika, pendekatan konsep kecepatan rata-rata akan lebih mudah dipahami dari konsep rata-rata karena mahasiswa telah memiliki pengetahuan tentang ini. Pada persamaan 2.3 diperkenalkan konsep kelajuan rata-rata. Kelajuan rata-rata didefinisikan sebagai panjang lintasan dibagi dengan selang waktu. Definisi kelajuan rata-rata dan kelajuan identik, dan bernilai sama pada kondisi apapun, karena tidak dipengaruhi oleh arah. Kelajuan rata-rata juga dapat di tulis dengan persamaan statistik seperti ditunjukkan dalam persamaan 2.4.

$$\bar{v} = \frac{v_f + v_i}{2} \dots \dots \dots (2.5)$$

Perbedaan persamaan 2.4a dan 2.5 adalah pada persamaan 2.4a menjumlahkan kecepatan yang di miliki benda dibagi dengan jumlah perubahannya, sedangkan pada persamaan 2.5 menjumlahkan persamaan kelajuannya. Tentunya keduanya akan memberikan hasil yang berbeda, walaupun mahasiswa sering mempersepsikan sama antara kedua besaran ini. Sebagai contoh untuk mencari kecepatan rata-rata pada gambar 3, dapat menggunakan persamaan 2.1 dan 2.4b. Perhatikan gambar 2.3. Berikut.



Gambar 2.3. Grafik Hubungan Posisi (x) dengan Waktu (t)

Kecepatan rata-rata di t = 0 sampai 8 s dapat ditentukan dengan:

Persamaan 2.1 : $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{0-0}{8-0} = 0$

Persamaan 2.3a : $\sum_{n=1}^n \frac{\vec{v}_n}{n}$, maka

$$v_1 = \frac{2-0}{4-0} = \frac{1}{2} \text{ m/s}, v_2 = \frac{0-2}{8-4} = -\frac{1}{2} \text{ m/s},$$

Kecepatan rata-ratanya adalah: $\bar{v} = \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{n} = \frac{\frac{(1+(-1))}{2} \cdot \frac{2}{s} \cdot m}{2} = 0$

Dapat disimpulkan bahwa kedua cara tersebut memberikan hasil yang sama.

Contoh konsepsi mahasiswa terhadap konsep kecepatan rata-rata dan kecepatan sesaat, dapat dilihat dari respon mahasiswa terhadap respon jawaban nomor 3 dan 4 berikut.

Pertanyaan unit 3.

Perhatikan gambar 2.3.

- Deskripsikan peristiwa gerak suatu objek berdasarkan gambar 2.3!
- Tentukan kecepatan rata-rata di $t = 1s$ sampai $t = 5s$!

Respon Jawaban Mahasiswa:

Respon mahasiswa terhadap sub pertanyaan (a)

Respon mahasiswa terhadap peristiwa gerak pada gambar nomor 3 bervariasi, juga ditemukan 37,5% mahasiswa dari 72 siswa tidak memberikan respon. Mahasiswa yang tidak memberikan respon memberikan argumentasi belum memahami maksud pertanyaannya dan lupa dengan materinya. Contoh respon mahasiswa dideskripsikan pada gambar 2.4.

Pada saat dipercepat benda bergerak lebih banyak dibandingkan pada saat diperlambat.

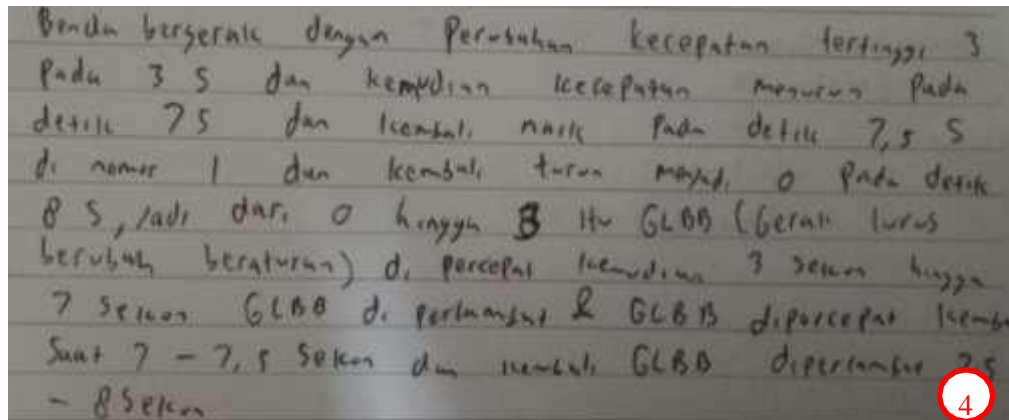
1

1) GLBB yang dipercepat kecepatan benda semakin lama semakin bertambah besar sehingga grafik kecepatan waktu ($v-t$) pada GLBB yang dipercepat berbentuk garis lurus condong ke atas dengan gradien yang tetap. Karena arah percepatan benda selalu konstan maka benda pasti bergerak pada lintasan lurus.

2

Grafik tersebut menggambarkan gerak lurus berubah beraturan. Sumbu x menggambarkan waktu sedangkan sumbu y adalah jarak. Pada detik pertama berawal detik ke 0-3 mengalami percepatan dengan percepatan yang konstan. Setelah detik ke 3-7 mengalami perlambatan dengan perlambatan yang konstan.

3



Benda bergerak dengan Perubahan kecepatan tertinggi 3
 Pada 35 dan kemudian kecepatan menurun pada
 detik 75 dan kembali naik pada detik 7,5
 di nomor 1 dan kembali turun menjadi 0 pada detik
 8,5, jadi dari 0 hingga 3 itu GLBB (Gerak lurus
 berubah beraturan) di percepatan kemudian 3 detik hingga
 7 detik GLBB di perlambatan 2 GLBB dipercepat kembali
 Saat 7 - 7,5 detik dan kembali GLBB diperlambat 7,5
 - 8 detik

Gambar 2.4. Respon Mahasiswa terhadap Pertanyaan Nomor 3a.

Berdasarkan contoh respon jawaban mahasiswa terhadap pertanyaan nomor 3 sub pertanyaan a (Gambar 2.4) memberikan informasi bahwa mahasiswa memiliki pengetahuan tentang konsep-konsep yang disajikan pada gambar dengan kemampuan bahasa yang dimilikinya. Pada gambar 2.4 nomor 1, representasi yang disampaikan mahasiswa memperlihatkan bahwa ada penyamaan makna antara gerak dengan posisi, kemudian besaran dinyatakan dalam ukuran banyak dan sedikit. Berdasarkan informasi gambar 2.4 nomor 1, penguatan pemahaman awal terhadap konsep sangat penting disampaikan kepada mahasiswa, tidak hanya bahasa simbol saja.

Pada gambar 2.4 nomor 2, mahasiswa dideskripsikan tentang gerak lurus berubah beraturan, dan mendeskripsikan tentang grafik kecepatan dan waktu. Jika dilihat pada gambar 2.3, sangat jelas informasi yang disajikan pada gambar 3 adalah hubungan posisi (pada sumbu y) dan waktu (pada sumbu x). Penekanan terhadap membaca informasi yang disajikan pada grafik sangat penting.

Pada gambar 2.4 nomor 3 sudah dideskripsikan jenis gerak dan informasi yang disajikan pada gambar 3. Perlu diperhatikan bahwa pada gambar tersebut kecepatan pada $t = 0$ sampai 8, percepatan tidak berubah secara beraturan. Pada $t = 0$ sampai $t = 3$ kecepatan benda konstan, konsekwensinya percepatan benda $= 0$. Ketelitian membaca grafik perlu diperhatikan kembali. Dalam menyimpulkan informasi yang tidak secara langsung disajikan ke dalam grafik, perlu analisis dan

sintesis yang baik. Pemahaman konsep kecepatan dan bentuk matematisnya perlu dikuasai dengan baik.

Pada gambar 2.4 nomor 4, dideskripsikan perubahan kecepatan setiap selang waktu tertentu. Konsep gerak dengan percepatan konstan (gerak lurus berubah beraturan) di munculkan pada deskripsinya. Perlu ditekankan kembali bahwa gerak dengan percepatan konstan terjadi pada benda yang mengalami perubahan kecepatan secara beraturan. Pada pertanyaan 3, informasi yang disajikan tidak mendeskripsikan perubahan kecepatan yang beraturan, namun secara tidak langsung menyajikan kecepatan yang berubah-ubah. Makna “beraturan” disini meningkat atau menurunnya nilai percepatan secara beraturan, bukan acak.

Solusi untuk mengatasi permasalahan yang telah didiskrisikan adalah memberi waktu kepada mahasiswa untuk mengenal, mengingat, dan mengevaluasi kembali konsep yang telah dipelajari di SMA. Kegiatan awal dalam model inkuiri dapat dimodifikasi dengan memberikan kegiatan kepada mahasiswa untuk (1) membuat rangkuman konsep, (2) menganalisis dan (3) mensintesis definisi konsep dari berbagai sumber dan presentasi. Menguji konsep yang di miliki dengan cara menganalisis dan mensintesis konsep dari berbagai sumber dan berbagai bentuk presentasi diharapkan dapat mereduksi mahasiswa yang lupa dan sedikit menguasai konsep. Konsep perubahan kecepatan secara beraturan dan kecepatan konstan dapat diperkuat melalui kegiatan eksperimen. Kegiatan eksperimen sederhana tentang konsep gerak dengan kecepatan dan percepaatan konstan dapat dilihat di buku pendamping

Respon mahasiswa terhadap sub pertanyaan (b)

Respon mahasiswa terhadap sub pertanyaan (b) dideskripsikan pada gambar 2.5.

Handwritten student work showing calculations for acceleration and average velocity. The work is divided into two sections, labeled 1 and 2 in red circles.

Section 1 (top):

$$2) t = 15 - 5 = 10$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(2-1)}{2-1} = 0 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2-3}{4-3} = \frac{-1}{1} = -1 \text{ m/s}$$

$$J = \frac{0 + 0 + (-1) + (-1)}{3-1} = \frac{-2}{2} = -1 \text{ m/s}$$

Section 2 (bottom):

Kecepatan rata-rata di $t = 15 - 5$

$$= \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{waktu tempuh}} = \frac{4}{4} = 1$$

sub pertanyaan

1. kecepatan rata-rata di $t = 1s - 5s$

$$= \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{waktu tempuh}} = \frac{4}{1}$$

$$= 1$$

Gambar 2.5. Respon Mahasiswa Terhadap pertanyaan 3b

Berdasarkan gambar 5 nomor 1, terlihat bahwa mahasiswa menghitung kecepatan rata-rata dengan menggunakan konsep rata-rata dalam statistik (persamaan 2.4b), namun perlu dievaluasi kembali bentuk persamaannya. Penyebut dalam persamaan 2.4b adalah banyaknya kecepatan, bukan selang waktu. Pada gambar 5 nomor 2 dan 3, perlu ditekankan perbedaan konsep kecepatan dan kelajuan rata-rata.

Mahasiswa juga memiliki konsepsi bahwa kecepatan sesaat adalah kecepatan pada waktu tertentu, konsepsi seperti ini sebenarnya tidak ada masalah, namun dalam pengerjaan soal dengan presentasi grafik mahasiswa banyak kesalahan ditemukan. Mahasiswa mencontohkan kecepatan sesaat dalam kehidupan sehari-hari dengan peristiwa mengendarai motor kemudian melihat speedometer, angka yang ditunjukkan *speedometer* menurut konsepsi mahasiswa merupakan kecepatan sesaat. Permasalahan muncul karena analogi membaca speedometer digunakan untuk membaca kecepatan sesaat pada grafik.

Mahasiswa mengasumsikan kecepatan sesaat adalah di $t = 3s$ pada gambar 2.3 adalah $v = \frac{s}{t} = \frac{3m}{3s} = 1 s$, bukan gradiennya. Solusinya mahasiswa perlu memahami kembali makna simbol matematis “ Δ ” dan “ d ” yang digunakan dalam kecepatan rata-rata dan kecepatan sesaat pada persamaan 2.2 dan 2.3. Pemberian feedback dari dosen dibutuhkan oleh untuk menggali kemampuan mahasiswa dalam memahami simbol matematis dan mengarahkannya ke konsep yang disepakati.

d. Percepatan

Konsepsi mahasiswa tentang percepatan dapat digali dengan melalui pertanyaan sederhana tentang arti fisis persamaan, sebagai contoh $\vec{a} = 0$. Konsepsi yang muncul dari hasil penelitian (Motlhabane, 2016) antara lain: (1) tidak ada perubahan kelajuan, hanya bergerak konstan, (2) objek yang bergerak tanpa kecepatan. Konsepsi nomor dua analogi dengan angka “nol” identik dengan tidak

ada. Konsepsi ini dapat muncul apabila pemahaman tentang bahasa matematis tidak dikuasai sepenuhnya oleh mahasiswa. Konsepsi lain yang dapat muncul adalah percepatan gravitasi bumi dipengaruhi oleh massa dan ketinggian benda. Berdasarkan penelitian (Elwan, A, & Zaman, 2015) memberikan informasi bahwa 81,4% mahasiswa memiliki konsepsi bahwa nilai percepatan gravitasi berubah sesuai dengan ketinggian benda dari permukaan bumi. Hasil penelitian (J. Handhika, Cari, Suparmi, et al., 2017; Sukariasih, 2016) memberikan informasi bahwa mahasiswa memiliki konsepsi bahwa percepatan gravitasi juga dipengaruhi oleh massa benda, selain jarak benda tersebut dari permukaan bumi. Guna mengetahui konsepsi mahasiswa tentang konsepsi percepatan dideskripsikan definisi dan contoh konsepsi mahasiswa tentang percepatan sebagai berikut.

1) Percepatan Rata-rata

Percepatan merupakan besaran vektor, sehingga percepatan memiliki besaran dan arah. Jika percepatan berlangsung dalam selang waktu Δt dan mengalami perubahan kecepatan sebesar $\Delta \vec{v}$, maka istilah percepatan ini dikenal dengan percepatan rata-rata, karena memiliki nilai kecepatan yang berubah. Secara matematis persamaan percepatan rata-rata dapat ditulis sebagai:

$$\vec{a}_{rata-rata} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \dots \dots \dots (2.6)$$

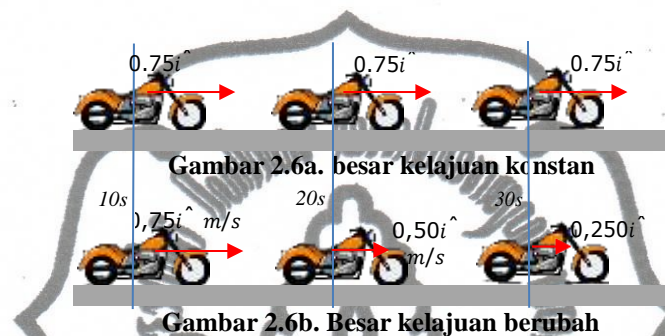
Kecepatan sesaat didefinisikan sebagai nilai limit dari percepatan rata-rata $(\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t})$ dengan Δt mendekati nol, secara matematis dapat ditulis sebagai:

$$\vec{a} \cong \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \equiv \frac{d\vec{v}}{dt} \dots \dots \dots (2.7)$$

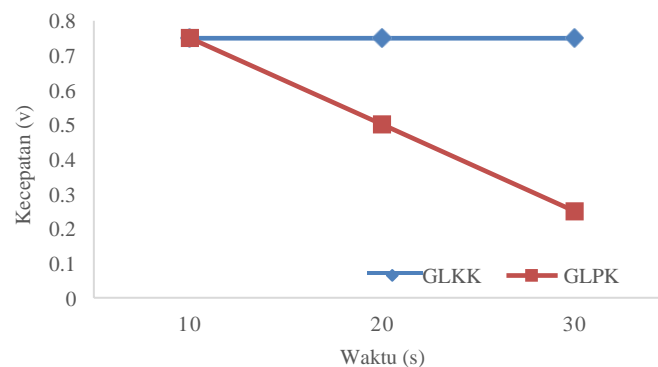
Dalam beberapa situasi nilai percepatan rata-rata dapat berbeda-beda setiap selang waktu yang berbeda. Maka dari itu didefinisikan percepatan sesaat sebagai limit percepatan rata-rata dengan nilai Δt mendekati nol. Percepatan sesaat merupakan turunan kecepatan terhadap waktu. Untuk kasus gerak sepanjang garis lurus, arah kecepatan benda dan arah percepatannya saling berhubungan sebagai berikut. Ketika kecepatan dan percepatan benda memiliki arah yang sama, maka benda dipercepat, sebaliknya, ketika kecepatan dan percepatan benda memiliki arah berlawanan, maka bendanya diperlambat.

2) Gerak Lurus dengan Kecepatan dan Percepatan konstan

Gerak lurus adalah gerak suatu obyek yang lintasannya berupa garis lurus. Dalam kehidupan sehari-hari, gerak lurus dapat ditemukan terbatas pada kondisi dan rentang waktu tertentu. Misalnya kita mengendarai sepeda motor pada lintasan lurus dengan kecepatan konstan (Gambar 2.6a), pada saat sepeda motor di rem, besar kecepatan motor berubah (Gambar 2.6b).



Pada gambar 2.6a, kecepatan motor tetap $0,75\hat{i}$ m/s pada waktu $t = 10\text{s}$, 20s , dan 30s , sedangkan pada gambar 2.6b besar kecepatan motor berubah. Pada ($t=10\text{s}$, $v = 0,75\hat{i}$ m/s), ($t=20\text{s}$, $v = 0,50\hat{i}$ m/s), dan ($t=30\text{s}$, $v = 0,25\hat{i}$ m/s). Simbol " \hat{i} " merupakan vektor satuan arah sumbu x yang memiliki arti fisis arah kecepatan motor pada sumbu x. Ilustrasi gambar 2.6a dikenal dengan gerak lurus dengan kecepatan konstan (GLKK) dan ilustrasi gambar 2.6b dikenal dengan gerak lurus dengan percepatan konstan (GLPK). Ilustrasi gerak pada gambar 2.6a dan 2.6b dapat direpresentasikan dalam bentuk grafik pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Grafik GLKK dan GLPK

Mahasiswa dalam memahami konsep GLKK dan GLPK adalah membuat dan membaca grafik dan merepresentasikan grafik dengan menggunakan variabel

lainnya, misalnya perpindahan dan waktu. Kegiatan praktikum dan menganalisis hasil praktikum dapat memberikan pengetahuan kepada mahasiswa tentang konsep GLKK dan GLPK.

Eksperimen dengan alat sederhana diberikan kepada mahasiswa untuk memperoleh informasi tentang konsep GLKK dan GLPK (Gambar 2.8)



Gambar 2.8 Eksperimen GLKK dan GLPK.

Mahasiswa juga diminta untuk menganalisis hasil eksperimen yang diperoleh dan mempresentasikannya. Kegiatan eksperimen GLKK dilakukan dengan cara menganalisis kecepatan mobil listrik mainan dan membuat grafik hubungan besar perpindahan dengan selang waktu, eksperimen GLPK dilakukan dengan cara menganalisis percepatan benda yang dijatuhkan dari ketinggian tertentu dan membuat grafik hubungan besar perubahan kecepatan dengan selang waktu. Desain eksperimen dapat dilihat pada buku pendamping fisika dasar materi kinematika dan dinamika yang merupakan produk disertasi. Eksperimen yang dilakukan di atas juga dapat memberikan pengetahuan kepada mahasiswa tentang konsep “berubah beraturan”.

Alat sederhana yang digunakan untuk kegiatan eksperimen mudah didapatkan dan tidak membutuhkan biaya mahal, namun tidak memberikan hasil yang akurat seperti alat laboratorium standar. Walaupun memiliki keterbatasan, alat sederhana sudah mampu menunjukkan secara langsung kepada mahasiswa tentang ciri-ciri GLKK dan GLPK dengan cara membandingkan data yang diperoleh secara langsung maupun dengan analisis lebih lanjut.

3) Konsep Percepatan Gravitasi

Mahasiswa memiliki konsepsi bahwa besar percepatan gravitasi tidak konstan. Besar percepatan gravitasi bergantung pada massa benda dan ketinggian

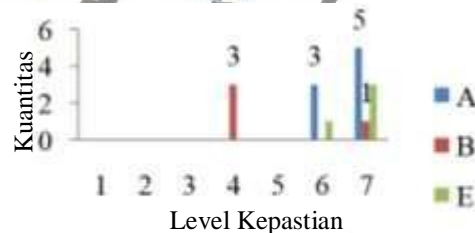
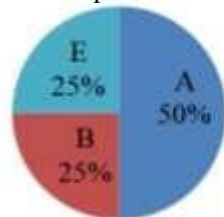
benda. Konsepsi ini muncul karena mahasiswa cenderung menggunakan intuisinya dalam menyimpulkan peristiwa fisis yang diamati. Contoh konsepsi mahasiswa dapat dideskripsikan dari respon terhadap soal berikut:

Dua botol A dan B, botol A terisi penuh air, dan botol B terisi setengahnya, dijatuhkan pada ketinggian yang sama (15 m) di atas tanah. Berdasarkan kondisi ini:

- A. Botol A dua kali lebih cepat sampai ke tanah daripada botol B.
- B. Botol B lebih cepat dua kali dari pada botol B.
- C. Botol A lebih cepat dari botol B tapi kurang dari dua kali kecepatan botol B.
- D. Botol B diisi lebih cepat dari botol A tapi kurang dari dua kali kecepatan botol B.
- E. Botol A memiliki waktu yang sama dengan B.

Respon mahasiswa dideskripsikan oleh Gambar 2.9 berikut:

Persentase Respon Mahasiswa



Gambar 2.9 Persentase Respon Mahasiswa dan Kuantitas Level Kepastian

Pada gambar 2.9 terlihat bahwa 50% dari 12 mahasiswa memilih jawaban A dengan level kepastian 6 dan 7 (pasti dan hamper pasti). Kondisi ini memberikan informasi bahwa mahasiswa banyak mengalami miskonsepsi pada permasalahan tersebut.

Kegiatan eksperimen GLPK dapat digunakan untuk mereduksi miskonsepsi yang dialami mahasiswa. Eksperimen GLPK bertujuan untuk menemukan percepatan gravitasi yang dialami benda dengan massa dan ketinggian berbeda. Percobaan tersebut juga Guna mereduksi miskonsepsi yang dialami mahasiswa. Jika dua benda memiliki massa yang berbeda dijatuhkan pada ketinggian yang sama, maka waktu tempuh kedua benda tersebut sampai ke tanah sama, karena percepatan kedua benda sama dan besarnya konstan.

Presentasi visual video juga digunakan untuk membuktikan bahwa waktu tempuh kedua benda tersebut sama. Gambar 2.10 menunjukkan scene video benda

dengan volume dan bentuk yang sama dan massa yang berbeda dijatuhkan dari ketinggian yang sama.



Gambar 2.10 Video dua benda A dan B dengan massa berbeda dijatuhkan bersamaan dari ketinggian yang sama

Gambar 2.10 merupakan cuplikan video dengan menggunakan software video editor yang dapat merekam gambar 60 frame per detik. Dengan kemampuan ini kondisi benda jatuh bebas dapat dideskripsikan dengan detail. Dari tampilan video nomor 6 terlihat bahwa kedua benda dengan massa berbeda sampai ke tanah dalam waktu bersamaan. Dengan melihat video ini, mahasiswa memperoleh informasi bahwa konsepsi yang mereka pahami selama ini tidak tepat.

Selain kegiatan eksperimen dan demonstrasi video, representasi matematis juga diberikan kepada mahasiswa. Mahasiswa diminta memanipulasi persamaan sehingga ditemukan bentuk persamaan (2.8)

$$g = G \frac{M}{R(+r)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan memasukkan nilai konstanta gravitasi $G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$, massa bumi $M = 5.9742 \times 10^{24} \text{ kg}$, jari-jari bumi $R = 6.378,1 \text{ km}$, dan memanipulasi jarak (ketinggian) benda terhadap permukaan bumi diperoleh nilai percepatan gravitasi seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Percepatan Gravitasi untuk $r = 10 \text{ m}$ sampai 100.000 m

$r \text{ (m)}$	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
10	9,80
100	9,80
1000	9,80
5000	9,79

r (m)	g (m/s ²)
10.000	9,77
50.000	9,65
100.000	9,55

Berdasarkan tabel 2.2 terlihat bahwa nilai percepatan gravitasi hampir konstan sebesar 9,8 m/s². Dengan mendapatkan informasi ini diharapkan mahasiswa dapat mengubah konsepsinya bahwa nilai percepatan gravitasi di ketinggian 10 m dan 20 m berbeda.

b. Dinamika

Dinamika merupakan cabang ilmu fisika yang mempelajari gerak suatu benda dengan memperhatikan faktor penyebabnya, yaitu gaya. Gaya, di dalam ilmu fisika, merupakan interaksi apapun yang dapat menyebabkan sebuah benda bermassa mengalami perubahan gerak, namun bukan berarti bahwa jika benda dalam keadaan diam, maka tidak ada gaya-gaya yang bekerja. Gaya merupakan besaran vektor, memiliki memiliki besar (*magnitude*) dan arah. Gaya dapat terjadi melalui kontak langsung (*contact force*) misalnya tarikan dan dorongan, maupun interaksi medan (*field force*) gaya tarik magnet. Hukum-hukum yang mengkaji tentang gaya adalah hukum Newton.

Dalam membelajarkan hukum newton I, disarankan untuk menjelaskan arti fisis kerangka inersia dalam berbagai bahasa, bahasa simbol persamaan juga disarankan digunakan. Sebagai contoh $\sum \vec{F} = 0$ dapat terjadi jika nilai $\vec{a} = 0$, dan merupakan salah satu representasi kerangka inersia (Chang, Bell and Jones, 2014). Hukum I Newton tidak hanya sekedar bentuk khusus dari Hukum II Newton (Galili and Tseitlin, 2003), $\sum \vec{F} = 0$ memiliki arti fisis objek pada kondisi stasioner maupun bergerak dengan kecepatan konstan. Angka “nol” pada persamaan hukum I Newton dapat memunculkan konsepsi mahasiswa yang bervariasi (Handhika, Cari and Suparmi, 2017). Konsepsi mahasiswa tentang hukum I Newton telah dideskripsikan pada hasil penelitian (Klaassen, 2005; Handhika *et al.*, 2016; Handhika, Cari and Suparmi, 2017). Konsepsi dominan yang dimiliki mahasiswa adalah pada kondisi benda diam, tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut.

Hukum Newton II berkaitan dengan hukum Newton I, dimana jika nilai $\vec{a} = 0$ maka bentuk hukum Newton II akan menjadi Hukum newton I. Guna

mendapatkan nilai $\sum \vec{F} = 0$ pada persamaan $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$, bahasa matematika membolehkan nilai $m = 0$, persepsi mahasiswa terhadap persamaan hukum II Newton ini dideskripsikan dalam penelitian (Handhika *et al.*, 2016). Pengkajian persamaan matematis dalam konsep fisika tidak dapat mengabaikan besaran fisis, m (massa) merupakan besaran fisis yang harus memiliki nilai. Sama halnya dengan Hukum I Newton, konsepsi mahasiswa terhadap hukum Newton II dipengaruhi oleh pemakaian kata “konstan”, dimana mahasiswa memiliki konsepsi bahwa kelajuan konstan diartikan sebagai tidak ada percepatan dan disimpulkan tidak ada gaya yang bekerja (Itza-Ortiz, Rebello and Zollman, 2004). Hukum Newton II menurut (Lemmer, 2018) merupakan konsep yang sulit di pahami pada awalnya, namun dengan strategi pembelajaran yang berorientasi konsep maka konsep Hukum II Newton akan mudah dipahami oleh mahasiswa.

Hukum III harus dilihat sebagai komponen penting dalam pemahaman konsep mahasiswa. Penyampaian informasi secara komprehensif Hukum I, II dan III harus dilakukan untuk menghindari terjadinya miskonsepsi (Terry and Jones, 1986). Mahasiswa mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi gaya aksi-reaksi objek dengan gaya gravitasi (Klaassen, 2005), kondisi ini dimungkinkan terjadi karena ada persepsi mahasiswa yang menyamakan bentuk matematis hukum I dan III Newton, selain itu kerangka referensi hukum I dan III tidak dipahami dengan baik oleh mahasiswa. Sebagian besar mahasiswa salah dalam mengidentifikasi gaya normal yang bekerja pada benda sebagai pasangan aksi-reaksi dengan berat (Low and Wilson, 2017). Hukum III Newton digunakan pada kondisi objek yang ditinjau adalah benda dan bumi. Konsepsi Hukum Newton III bekerja ditinjau dari satu objek dapat muncul (Handhika *et al.*, 2016) karena mahasiswa tidak memahami makna fisis hukum III Newton. Definisi, deskripsi dan contoh konsepsi mahukum Newton disajikan sebagai berikut.

1. Hukum Newton I

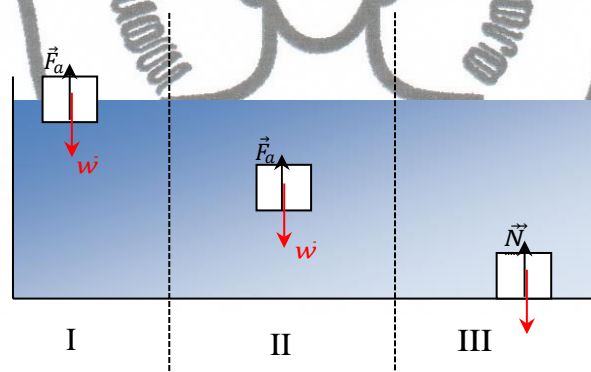
Konsepsi hukum Newton I dapat di ungkap melalui pemberian pertanyaan yang berkaitan dengan makna fisis persamaan maupun representasi gambar. Jeffry Handhika, Cari, Soeparmi, & Sunarno (2016) mendeskripsikan konsepsi mahasiswa tentang hukum I Newton dengan mengungkapkan konsepsi mahasiswa

melalui representasi matematis. Lebih lanjut (J. Handhika, Cari, & Suparmi, 2017) mempertegas kesimpulannya bahwa penyebab munculnya miskonsepsi mahasiswa adalah intuisi angka nol. Bentuk matematis hukum Newton I dan III memiliki bentuk yang identic, sehingga konsepsi bahwa hukum III Newton merupakan bentuk khusus hukum I Newton dimungkinkan muncul. Hasil penelitian (Saglam-Arslan & Devecioglu, 2010) memberikan informasi bahwa

Hukum pertama Newton mengungkapkan bahwa: Dalam kerangka inersial, setiap benda akan tetap dalam keadaan diam atau bergerak dengan kecepatan konstan. Secara matematis hukum Newton I ditulis sebagai:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \dots\dots\dots(2.9)$$

persamaan 2.7 memberikan informasi bahwa jumlah gaya-gaya yang bekerja pada suatu objek sama dengan nol. Hukum I Newton juga berlaku pada kasus benda dalam kondisi terapung, melayang dan tenggelam stasioner. Perhatikan gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.11. Gaya-Gaya Yang Bekerja pada Balok Terapung, Melayang, dan Tenggelam

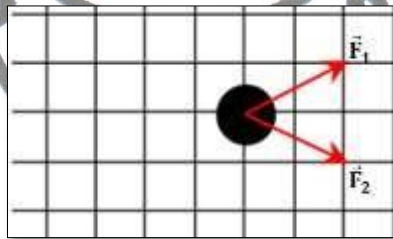
Pada gambar 2.11, berlaku hukum I Newton, karena keadaan I (mengapung), II (melayang), dan III (tenggelam) balok dalam keadaan diam, sehingga besar gaya keatas sama dengan berat. Pada kondisi III, gaya tekan keatas diabaikan terhadap berat karena nilainya sangat kecil ($\vec{F}_a \ll \vec{w}$) dan kondisi balok bersentuhan dengan dasar wadah, sehingga gaya-gaya yang bekerja adalah gaya normal dan berat.

Hasil penelitian pendahuluan memberikan informasi bahwa mahasiswa salah dalam memahami konsep melayang, tenggelam, dan terapung. Sebagai

contoh, pada kondisi balok mengapung, asumsi mahasiswa $\vec{F}_a > \vec{w}$, pada kondisi melayang $\vec{F}_a = \vec{w}$, dan pada kondisi tenggelam $\vec{F}_a < \vec{w}$. Asumsi ini muncul karena mahasiswa memahami konsep melayang terjadi ketika massa jenis benda < massa jenis air ($\rho_w > \rho_b$), konsep melayang ketika ($\rho_w = \rho_b$), dan konsep tenggelam ketika ($\rho_w < \rho_b$). Miskonsepsi muncul karena mahasiswa mengambil analogi jika

$\rho_w > \rho_b$ maka $\vec{F}_a > \vec{w}$, konsekwensinya benda melayang karena berat balok lebih besar, demikian juga jika $\rho_w < \rho_b$ maka $\vec{F}_a < \vec{w}$, konsekwensinya benda akan tenggelam. Penjelasan hukum Newton I dalam berbagai penerapan dan menekankan penggunaan presentasi visual panjang vektor gaya angkat keatas, berat, dan gaya normal dapat digunakan untuk mengatasi munculnya miskonsepsi. Contoh lain miskonsepsi mahasiswa adalah respon terhadap dua permasalahan berikut.

Jika berlaku hukum I newton, Gambarkan gaya yang ketiga pada gambar 2.12 berikut!



Gambar 2.12. Menggambarkan Diagram Gaya

Terdapat 66,67% dari 12 mahasiswa memiliki konsepsi bahwa gaya ketiga agar hukum I Newton berlaku ($\sum \vec{F} = 0$) dari gambar 2.10 adalah resultan dari gaya \vec{F}_1 dan \vec{F}_2 . Pemahaman bahasa matematis vektor perlu ditekankan kepada mahasiswa. Selain menekankan pemahaman matematis, demonstrasi sederhana dengan menggunakan motor listrik mainan dapat dilakukan. Mahasiswa diminta mendemonstrasikan guna meriilkan jawabannya dengan menggunakan menggunakan tiga mobil listrik mainan yang mepresentasikan gaya-gaya yang bekerja. Mahasiswa yang miskonsepsi akan melihat secara langsung bahwa gamabr yang dibuat masih menyebabkan mobil masih bergerak.

Mahasiswa juga memiliki konsepsi bahwa angka nol dalam persamaan 2.9 memiliki makna tidak ada. Secara keseluruhan persamaan tersebut diartikan oleh mahasiswa sebagai tidak ada gaya yang bekerja pada benda diam. Konsepsi mahasiswa dapat di ungkap dari respon terhadap pertanyaan berikut.

Hukum Newton I dalam bahasa matematika dituliskan sebagai $\sum \vec{F} = 0$, jelaskan makna fisis persamaan tersebut, bagaimana jika penulisan matematisnya diubah menjadi $0 = \sum \vec{F}$, apakah ada perubahan makna fisis?.

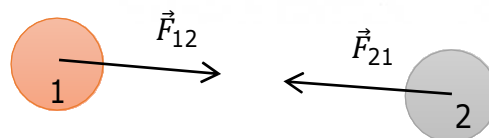
Mahasiswa memberikan respon varaitif terhadap permasalahan ini. Namun 9 dari 12 mahasiswa menyimpulkan bahwa tidak ada gaya yang bekerja untuk $\sum \vec{F} = 0$, dan menyimpulkan persamaan $0 = \sum \vec{F}$, salah karena tidak ada dalam referensi.

2. Hukum Newton III

Guna memahami hukum Newton III, perhatikan gambar 2.11. Jika dua benda berikteraksi, gaya \vec{F}_{12} yang dikerjakan oleh benda 1 pada benda 2 besarnya sama dan berlawanan arah dengan gaya \vec{F}_{21} yang dikerjakan oleh benda 2 pada benda 1. Secara matematis dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\vec{F}_{12} = \vec{F}_{21} \dots \dots \dots (2.10)$$

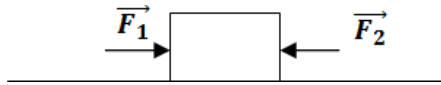
$$F_{12} = -F_{21} \dots \dots \dots (2.11)$$



Gambar 2.13. Gaya interaksi antara kedua benda

Mahasiswa memiliki konsepsi bahwa hukum Newton III dapat bekerja pada satu benda saja, sehingga muncul asumsi mahasiswa bahwa hukum III merupakan bentuk khusus dari hukum Newton I. Contoh Deskripsi hukum I dan III Newton dapat dilihat dari respon mahasiswa terhadap pertanyaan berikut:

Sebuah benda bekerja gaya \vec{F}_1 ke arah kanan dan \vec{F}_2 ke arah kiri. Besar kedua gaya sama besar seperti gambar dibawah ini.



Jika ditinjau dari benda tersebut, maka berlaku :

- (a) Hukum I Newton.
- (b) Hukum II
- (c) Hukum III Newton, F_1 aksi dan F_2 hasil reaksi

Seluruh mahasiswa (12 Mahasiswa) memberikan respon poin c. Hasil ini menunjukkan bahwa butuh penguatan konsep tentang perbedaan hukum I dan III Newton. Penguatan konsep dapat dilakukan dengan menstimulus mahasiswa untuk mengevaluasi kembali konsepsinya. Feedback dari dosen dapat digunakan sebagai stimulus mahasiswa untuk mengkaji kembali konsepsinya. Sebagai contoh, dengan memberikan pertanyaan “Coba deskripsikan perbedaan Hukum I dan III Newton?”. Meminta kembali mahasiswa untuk mereview dan mendiskusikan Hukum I dan III Newton juga merupakan strategi yang dapat digunakan untuk menstimulus mahasiswa menguji konsepsinya. Eksperimen dan pendekatan matematis kurang sesuai digunakan dalam kasus ini dengan pertimbangan (1) kasus berkaitan dengan tinjauan (cara pandang) dan konsep fisika, (2) bentuk matematis dapat sama, namun sebenarnya memiliki makna yang berbeda.

3. Miskonsepsi materi Kinematika dan Dinamika

Materi kinematika dan dinamika merupakan materi dasar yang harus dikuasai oleh mahasiswa pendidik fisika ataupun teknik (Handhika J. et al: 2015). Materi ini melandasi materi lainnya seperti usaha dan energi. Materi kinematika dan dinamika juga menyajikan berbagai representasi, simbol (persamaan), visual (gambar), grafik, dan verbal. Berdasarkan penelitian pendahuluan yang telah dilakukan, diprofilkan temuan konsepsi mahasiswa yang diduga miskonsepsi (Tabel 2.3). Temuan ini menjadi dasar peneliti untuk mengembangkan instrumen tes konsistensi representasi dan instrumen pendukung lain dalam keterlaksanaan model OASIS. Kajian literatur tetap dilakukan untuk memperkuat dasar temuan dan solusi pemecahan masalah.

Tabel 2.3 Temuan Miskonsepsi Mahasiswa Hasil Penelitian Pendahuluan

Pokok Bahasan	Temuan Dugaan Miskonsepsi Mahasiswa
Kinematika	<p>Mahasiswa memiliki konsepsi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. menyamakan konsep perpindahan dan jarak 2. menyamakan kecepatan sesaat, kecepatan rata-rata, walaupun membedakan, konsep kecepatan sesaat masih salah. 3. menyamakan nilai percepatan nol, percepatan konstan, dan kecepatan konstan 4. semakin dekat dengan bumi konstanta gravitasi bertambah besar 5. Besar percepatan dipengaruhi oleh berat benda 6. Berat mempengaruhi jangkauan. 7. Arah gerak GLB dan GLBB yang sama, dan berkebalikan.
Dinamika	<ol style="list-style-type: none"> 1. Benda dalam keadaan diam, tidak ada gaya-gaya yang bekerja. 2. Hukum kelembaman hanya terbatas pada kejadian pengereman, tanpa mengindahkan tinjauan masing-masing benda. 3. Menyamakan Hukum Newton I dengan hukum Newton III, hukum Newton III akan menjadi hukum Newton I jika nilai m atau a sama dengan nol I (Hukum Newton I diasumsikan bentuk khusus hukum Newton III) 4. Hukum III Newton terjadi pada satu benda

Handhika, J., et al. (2015), (Handhika, J., dkk., 2015)

4. Filosofi Pengembangan Model

a. Pengertian model Pembelajaran

Arends (2008) menyiratkan bahwa model pembelajaran merupakan sesuatu yang lebih besar dari strategi, metode, atau taktik tertentu. Lebih lanjut, Arends (2008) mengungkapkan bahwa istilah model pengajaran mempunyai empat ciri khusus yang tidak dimiliki oleh strategi, metode, atau prosedur. Ciri-ciri tersebut adalah:

1. Rasional teoritis logis yang disusun oleh pencipta dan pengembangnya
2. Landasan pemikiran tentang apa dan bagaimana siswa belajar (tujuan pembelajaran yang ingin dicapai).
3. Tingkah laku mengajar yang diperlukan agar model tersebut dapat dilaksanakan dengan berhasil, dan
4. Lingkungan belajar yang mendukung untuk mencapai tujuan pembelajaran.

Joyce, Weil & Calhoun (2009) mendiskripsikan model pengajaran sebagai rencana atau pola yang dapat digunakan untuk membentuk kurikulum, mendesain materi-materi instruksional, dan memandu proses pengajaran di ruang kelas atau setting yang berbeda. Lebih lanjut Joice and Weil (2003) mengungkapkan bahwa Model pembelajaran sebenarnya juga model mengajar, yang pada dasarnya

membantu siswa untuk mengakuisisi informasi, ide, skil, nilai dan cara berfikir, dan mengajarkan kepada siswa bagaimana caranya belajar. Model pembelajaran juga menggambarkan diskripsi lingkungan belajar, perencanaan kurikulum, bahan ajar, rancangan suatu pembelajaran, kelengkapan belajar lembar kerja, multimedia (perangkat pembelajaran) Joyce, Weil & Calhoun (2009). Lebih lanjut Joyce & Calhoun (2009) mengungkapkan bahwa ada lima unsur utama dari model pembelajaran (1) sintak atau langkah-langkah pembelajaran, (2) sistem sosial, suasana pada saat pembelajaran, (3) prinsip reaksi, menggambarkan stimulus dari fasilitator dan reaksi siswa, (4) sistem pendukung, berkaitan dengan sarana dan perangkat pendukung pembelajaran, (5) dampak instruksional dan dampak pengiring, berkaitan dengan tujuan pembelajaran, misalnya peningkatan level konsepsi, dan dampak pengiring lainnya misalnya kemampuan berfikir kritis. Dalam mengembangkan model pembelajaran, tentunya kelima persyaratan ini harus terpenuhi. Pada penelitian ini akan dikembangkan model yang memiliki tujuan untuk meningkatkan level konsepsi mahasiswa. Model pembelajaran dikatakan baik apabila model tersebut dapat meningkatkan level konsepsi mahasiswa dan memenuhi syarat sebagai model. Valid tentunya memenuhi persyaratan sebagai model pembelajaran seperti yang disyaratkan oleh Joyce & Calhoun (2009).

b. Belajar dan Pembelajaran Bermakna

Gray & Macblain (2012) mengungkapkan bahwa belajar merupakan akuisisi pengetahuan dan *skill*. Schunk (2012) mendefinisikan belajar sebagai: akuisisi dan modifikasi pengetahuan, *skill*, keyakinan, sikap, dan tingkah laku, belajar dapat melalui berbagai cara, proses belajar manusia lebih kompleks dan melibatkan bahasa. Lefrancois (2000) mendiskripsikan belajar sebagai proses memperoleh informasi. Dari definisi-definisi di atas dapat disimpulkan bahwa belajar merupakan rangkaian kegiatan yang dilakukan secara sadar oleh seseorang dan mengakibatkan perubahan dalam dirinya berupa perubahan tingkah laku dan penambahan pengetahuan, apabila setelah belajar seseorang tersebut tidak mengalami perubahan tingkah laku yang positif maka dapat dikatakan bahwa belajarnya belum sempurna.

Pritchard (2009) mengungkapkan bahwa belajar sebagai hasil dari konstruksi mental. Artinya, pembelajaran terjadi ketika informasi baru dibangun ke dan ditambahkan ke struktur pengetahuan, pemahaman dan keterampilan individu. Belajar akan optimal jika kita secara aktif membangun pengetahuan sendiri. Menurut paham konstruktivisme, pengetahuan bukan hal yang statis dan deterministik, tetapi suatu proses menjadi tahu. Dengan menggunakan model inkuiri sebagai model dasar pengembangan, diharapkan mahasiswa dapat menemukan sendiri pengetahuannya.

Piaget (1936) mengungkapkan bahwa anak-anak membangun pemahaman tentang dunia di sekitar mereka, kemudian mengalami perbedaan antara apa yang telah mereka ketahui dan apa yang mereka temukan di lingkungan melalui skema asimilasi, akomodasi, dan ekuilibrisasi. Asimilasi adalah memahami pengalaman-pengalaman baru dari segi skema yang ada. Akomodasi adalah mengubah skema yang ada agar sesuai dengan situasi baru. Ekuilibrisasi adalah proses memulihkan keseimbangan antara pemahaman sekarang dan pengalaman-pengalaman baru. Mahasiswa membangun konsepsi fisika dari lingkungan, baik keluarga maupun di kelas, dan pengalaman. Proses asimilasi dimulai dari konsepsi yang diperoleh di lingkungan, kemudian mendapatkan konsepsi baru di kelas. Proses akomodasi dimulai saat konsepsi baru diperoleh di kelas. Konsepsi yang diperoleh di kelas bisa sama atau berbeda dengan konsepsi sebelum pembelajaran. Proses ekuilibrisasi dapat terjadi apabila mahasiswa dapat mensinergikan konsepsi lama dengan konsepsi yang baru. Apabila konsepsi lama kurang sesuai, pada tahap ekuilibrisasi ini konsepsi lama dieleminasi.

Bruner (1977) menjelaskan belajar melibatkan informasi yang terstruktur sehingga gagasan kompleks dapat diajarkan pada tingkat yang disederhanakan terlebih dahulu, kemudian meningkat tingkat yang lebih kompleks. Konsep merupakan pondasi awal yang harus dikuasai mahasiswa. Konsep dapat dipresentasikan dalam bentuk verbal, matematis, maupun grafik. Bentuk sederhana (verbal dan matematis) kemudian dikembangkan dalam bentuk grafik perlu dipertimbangkan dalam pengembangan model. Representasi konsep di munculkan oleh mahasiswa sendiri sebagai bentuk respon dari *feedback* yang diberikan dosen.

Ausubel, Novak & Hanesian (1978) menyatakan bahwa belajar merupakan proses mengaitkan informasi atau materi baru dengan konsep-konsep yang telah ada dalam struktur kognitif. Ada tiga faktor yang mempengaruhi kebermaknaan dalam suatu pembelajaran, yaitu struktur kognitif yang ada, stabilitas dan kejelasan pengetahuan dalam suatu bidang studi tertentu dan pada waktu tertentu. Pembelajaran bermakna merupakan suatu proses mengkaitkan informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat dalam struktur kognitif seorang. Struktur kognitif ialah fakta-fakta, konsep-konsep, dan generalisasi-generalisasi yang telah dipelajari dan diingat mahasiswa. Dalam belajar bermakna mahasiswa mencoba menghubungkan fenomena baru ke dalam struktur pengetahuan yang ada. Lopez (2007) menyatakan bahwa mahasiswa harus membongkar apa yang telah dipelajarinya dan mengemas kembali berdasarkan pengetahuan yang telah didapat sebelumnya dengan caranya sendiri. Dengan cara seperti ini, pengetahuan yang didapat oleh mahasiswa akan lebih bermakna. Dalam sintak metode yang dikembangkan pemberian *feedback* berupa representasi eksternal bermuatan konflik kognitif diharapkan dapat membantu mahasiswa membongkar kembali pengetahuannya dan mengemas kembali pengetahuannya yang diperolehnya dengan caranya sendiri (inkuiri).

5. Pengembangan Model

Pengembangan model pembelajaran telah banyak dilakukan oleh peneliti pendidikan. Jonassen (1997) mengembangkan model untuk mendapatkan hasil belajar yang baik dan terstruktur dengan menekankan penyelesaian masalah, Holbrook & Kolodner (2000) mengembangkan model berbasis Inkuiri, diawali dengan menampilkan video penerbangan apollo 13 dari proses kerjasama, kolaborasi antara ilmuwan dan teknisi dalam perancangan, penyelesaian masalah, sampai pada proses penemuan. Aktivitas kerjasama dalam kegiatan merancang dan membuat *prototype* menjadi dua hal penting dalam sintaknya. Wu, Tseng, & Hwang (2015) mengembangkan model inkuiri dengan menambahkan modul informasi (pada sintak orientasi) yang dapat digunakan siswa untuk mengeksplorasi pengetahuannya. Chessin & Moore (2004) mengembangkan model 5E menjadi 6E dengan menambahkan sintak *E-search* menjadi karakter sintaknya dengan

mengintegrasikan pencarian elektronik disetiap sintak dan pada tahapan evaluasinya.

Berdasarkan pemamparan diatas, pengembangan model dapat dilakukan dengan cara memodifikasi sintak, mengintegrasikan sintak dengan komponen lain dengan tujuan tertentu, berdasarkan analisis kebutuhan dan kajian literatur. Model inkuiri dan *Project Based Learning* (PJBL) menjadi model dasar pengembangan model yang telah didiskripsikan. Kedua model memiliki kekuatan dalam meningkatkan level pemahaman konsep.

6. Model Inkuiri dan PjBL

a. Model Inkuiri

National Research Council (NRC) (1996) menekankan bahwa Inkuiri merupakan cara siswa/mahasiswa untuk terlibat dalam pertanyaan yang dikonseptualisasikan guna mengungkap penjelasan mekanisme alam disekitarnya. Sutman, Schmuckler, Woodfield, (2008) mendiskripsikan inkuiri merupakan kegiatan pembelajaran yang menitikberatkan pada ketrampilan dalam mengajukan pertanyaan. Kuhlthau, Maniotes & Caspari (2007) mendiskripsikan belajar inkuiri menekankan pada pertanyaan-pertanyaan dan ide-ide yang dapat memotivasi mahasiswa untuk mau belajar dan menciptakan cara-cara untuk berbagi terhadap apa yang telah mereka pelajari. Pembelajaran inkuiri menekankan mahasiswa untuk mengidentifikasi dan mengkaji pertanyaan, memotivasi aktivitas keterlibatan mahasiswa dan bertanggung jawab terhadap hasil investigasinya.

Pembelajaran inkuiri tidak dapat lepas dari pembelajaran Fisika. Steinberg (2011) mengatakan bahwa "*Science is inquiry, Learning is inquiry*". Selain tidak dapat terpisahkan dari pembelajaran Fisika, model inkuiri memiliki kelebihan, Brill, (2008) mendisripsikan Kelebihan model inkuiri diantaranya, (1) memperjelas kemampuan awal, (2) mengarahkan proses pengambilan keputusan yang efektif, (3) mengembangkan teori-teori baru dan konsepsi pemecahan masalah (4) meningkatkan kemampuan metakognitif. Lebih lanjut Kuhlthau, Maniotes & Caspari (2007) mendisripsikan Keuntungan model inkuiri bagi mahasiswa antara lain : (1) mengembangkan kemampuan sosial, bahasa, dan membaca, (2) membangun pengetahuannya sendiri, (3) mendapatkan kebebasan dalam penelitian

dan belajar, (4) meningkatkan motivasi dan interaksi mahasiswa. “Pembelajaran inkuiri membangun konsepsi mahasiswa” Sund & Trowbridge (1973). Lebih lanjut Sund & Trowbridge (1973) mengungkapkan bahwa pembelajaran inkuiri membangun kreativitas, kemampuan sosial, dan organisasi. Aktivitas belajar tidak hanya verbal saja, aktivitas belajar lainnya juga dapat dilatihkan serta membuka peluang terjadinya proses asimilasi, akomodasi, dan equiberasi sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna.

Masalah dalam penelitian ini adalah konsepsi mahasiswa yang salah. Faktor penyebabnya adalah miskonsepsi, tidak memiliki pengetahuan tentang konsep, dan sedikit memiliki pengetahuan tentang konsep. Model inkuiri memiliki potensi untuk meningkatkan konsepsi mahasiswa, mahasiswa dapat membangun pengetahuannya sendiri melalui proses yang ada pada tahapan inkuiri. Pembelajaran inkuiri menerapkan pendekatan konstruktivis sehingga siswa berinteraksi dengan konten dengan mengajukan pertanyaan guna meningkatkan level konsepsi, pada saat bersamaan juga membangun pengetahuan mereka sendiri (konsepsi) Coffman (2009). Dengan potensi ini diharapkan konsepsi mahasiswa dapat ditingkatkan dari konsepsi yang salah ke konsepsi yang benar sesuai dengan konsepsi pakar.

Model inkuiri memiliki beragam sintak dalam penerapannya. Sund & Trowbridge, (1973) mendiskripsikan langkah-langkah model inkuiri : “(1) Menayakan wawasan fenomena alam, (2) merumuskan masalah, (3) merumuskan hipotesis, (4) melakukan investigasi termasuk kegiatan eksperimen, (4) mensintesis pengetahuan”. Kolis, Lenz & Kolis (2014) mendeskripsikan langkah-langkah inkuiri : “(1) Observasi, (2) Kurositas, (3) statemen masalah, (4) memperoleh informasi, (5) merumuskan hipotesis, (6) mendesain eksperimen, (7). melakukan eksperimen, (8) analisis data, (9) keispulan”. Cam, (2006) mendiskripsikan langkah-langkah inkuiri “(1) menginisiasi, (2) menyarankan, (3) penalaran & eksplorasi konsep, (4) mengevaluasi, (5) menyimpulkan”. Pruncun & Goldman, (2010) mendiskripsikan langkah-langkah inkuiri “(1) perumusan masalah, (2) pengumpulan data, (3) analisis (termasuk perumusan hipotesis), dan (4) diseminasi”. Dari berbagai pemaparan sintak diatas, esensi inkuiri yakni

“bertanya” dan “penemuan ilmiah” tetap ada sebagai penciri model. Sintak model inkuiri akan dikaji lebih mendalam di Bab IV.

Kelemahan model inkuiri antara lain dalam memfokuskan pertanyaan (Zion & Mendelovici, 2012) dan waktu yang dibutuhkan sangat lama. Salah satu faktor penyebabnya adalah mahasiswa belum memiliki pengetahuan yang sesuai dengan bahasan yang dipelajari. Pemberian *feedback* pada setiap fase diperlukan untuk mensinergikan konsep yang diperoleh pada setiap langkah fase. Kelemahan dalam model inkuiri merupakan bahan referensi dalam memodifikasi (Handhika, Kurniadi, Ahwan, 2016) fase model. Pemberian tugas dalam pengembangan model juga diperlukan untuk meningkatkan level konsepsi mahasiswa (Handhika, Kurniadi, Ahwan, 2016). Pemberian tugas dalam bentuk *concept review*, persentasi, dan proyek sederhana diperlukan dalam meningkatkan aktivitas pembelajaran. Bertanya dan kemampuan memberikan pertanyaan merupakan ciri dalam pembelajaran inkuiri (Kawalkar & Vijapurkar, 2011; Delcourt, 2011; Menezes, 2013). Pertanyaan yang diberikan kepada siswa merupakan kunci keterlaksanaan fase dalam inkuiri. Pertanyaan yang diberikan oleh dosen tidak hanya mengeksplorasi dan membuat siswa berpikir eksplisit di kelas tapi juga berusaha membimbing dan mengarahkan ke konsep yang benar (Kawalkar & Vijapurkar, 2011). Kemampuan dosen dalam memberikan pertanyaan juga menjadi salah satu tolak ukur kualitas pembelajaran inkuiri (Delcourt, 2011). Konsistensi konsep benar yang diperoleh mahasiswa pada setiap fase inkuiri merupakan salah satu indikasi bahwa mahasiswa memahami konsep.

b. Model PjBL

Model PjBL adalah model yang berpusat pada mahasiswa dan terintegrasi dengan isu-isu dan aktivitas dunia nyata, *Educational Technology Division Ministry of Education (ETDME)*, (2006). Model ini juga menggunakan proyek/kegiatan (Morgan, 1983) sebagai inti pembelajaran. Selain proyek/kegiatan, penekanan pada temuan masalah juga merupakan orientasi dari model PjBL (Laffey, et al., 1998). Proyek dalam model PjBL dapat berupa produk, publikasi, atau presentasi (Patton, 2012). PjBL dapat meningkatkan berfikir abstrak dan menggali pemahaman. Dalam PjBL, “mahasiswa mengeksplorasi, membuat penilaian, menafsirkan, dan

mensintesis informasi dalam cara yang bermakna”(*ETDME* : 2006). Proses ini merupakan representasi sistem pembelajaran orang dewasa. PjBL juga mengedepankan proses inkuiri meliputi “pertanyaan otentik dan produk yang dirancang dengan teliti beserta tugasnya” Kramer (2007). PjBL berorientasi pada masalah yang disampaikan dalam bentuk pertanyaan yang berfungsi untuk mengarahkan aktivitas belajar. PjBL lebih menekankan aktivitas belajar dan perancangan produk untuk menjawab permasalahan yang muncul atau sengaja dimunculkan oleh fasilitator.

Esensi proyek dalam model PjBL ada yang tertulis dengan jelas, juga ada yang masuk dalam sintak kegiatan lainnya. Selain proyek, orientasi pertanyaan dalam model PjBL disajikan dalam berbagai bentuk tanpa mengurangi makna esensinya. Model PjBL tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan Model PjBL menurut (Larmer, et al., 2015), (Neo & Neo, 2009), antara lain : (1) meningkatkan motivasi belajar, (2) meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, (3) meningkatkan aktivitas belajar (4) meningkatkan kolaborasi (5) mengembangkan dan mempraktikkan keterampilan komunikasi, (6) meningkatkan keterampilan mengelola sumber dan referensi, (7) memberikan pengalaman dalam mengorganisasi proyek, (8) melibatkan mahasiswa untuk belajar mengambil informasi dan menunjukkan pengetahuan yang dimiliki, kemudian diimplementasikan dengan dunia nyata. Kekurangan model PjBL antara lain (1) Memerlukan banyak waktu, (2) Membutuhkan biaya yang cukup banyak, (3) Banyaknya peralatan yang harus disediakan, Handhika, Erawan, Ahwan (2016), (Jeffry Handhika, 2011). Kekurangan lainnya adalah tugas proyek yang muncul dari pertanyaan terkadang tidak bisa dipecahkan dengan hafalan, dibutuhkan keterlibatan aktif mahasiswa (Juan Rosales & Sulaiman, 2016). Dalam penerapannya, sintak model PjBL beragam. Ketlhoilwe & Silo (2016) mendiskripsikan sintak PjBL sebagai berikut: (1) merencanakan proyek, (2) membuat proyek, (refleksi). Budiharti & Aristiyaningsih (2016) mendiskripsikan sintak PjBL (1) memulai pertanyaan esensial, (2) mendesain dan merencanakan proyek, (3) menyusun jadwal, (4) monitor, (5) menilai luaran, (6) mengevaluasi luaran belajar. menekankan proyek sebagai inti dan pemicu pembelajarannya, selain

proyek, PjBL juga mengandung proses inkuiri dalam sintaknya ditandai dengan pemberian pertanyaan atau masalah. Sintak model PjBL akan dikaji lebih mendalam pada Bab IV.

7. Kemampuan Berfikir Kritis

Pemikiran kritis adalah penilaian tujuan dan reflektif tentang apa yang harus dipercaya atau apa yang harus dilakukan dalam menanggapi pengamatan, pengalaman, ungkapan lisan atau tertulis atau argument (Adeyemi, 2012). Pemikiran kritis melibatkan penentuan makna dan kepentingan dari apa yang diamati atau diungkapkan, atau mengenai suatu kesimpulan atau argumen tertentu, menentukan apakah ada justifikasi yang memadai untuk menerima kesimpulan tersebut sebagai sesuatu yang benar (Adeyemi, 2012). Pemikiran kritis sering dikonseptualisasikan dalam kemampuan atau keterampilan (Bailin, 2002). Banyak literatur pendidikan mengacu pada keterampilan kognitif atau kemampuan berpikir dan menyamakan pemikiran kritis dengan proses mental tertentu atau gerakan prosedural yang dapat ditingkatkan melalui kegiatan pembelajaran (Bailin, 2002).

Pemikiran kritis selalu terjadi dalam menanggapi suatu tugas, pertanyaan, situasi bermasalah atau tantangan tertentu (termasuk memecahkan masalah, menyelesaikan dilema, mengevaluasi teori, melakukan penyelidikan, menafsirkan karya, dan membuat keputusan hidup) dan tantangan semacam itu selalu muncul dalam konteks tertentu (Bailin, 2002), dengan kata lain berpikir kritis merupakan salah satu aspek terpenting dari kemampuan memecahkan masalah kehidupan nyata (Erceg, Aviani, & Mesic, 2013).

Kemampuan berfikir kritis merupakan kemampuan yang berkaitan dengan pemikiran reflektif dan masuk akal yang berfokus pada menentukan apa yang harus dilakukan (Ennis, 1985). Aktivitas kreatif juga masuk dalam definisi ini, termasuk merumuskan hipotesis, pertanyaan, alternatif, dan rencana melakukan eksperimen (Ennis, 1985). Proses pembelajaran dapat membangun kemampuan berpikir kritis siswa/mahasiswa sangat bergantung pada penggunaan model pembelajaran yang diterapkan oleh guru/dosen (Mabruroh & Suhandi, 2017). Model inkuiri merupakan salah satu model potensial yang dapat meningkatkan kemampuan berfikir kritis (Mabruroh & Suhandi, 2017).

Kemampuan berfikir kritis melibatkan kemampuan untuk menarik kesimpulan yang valid, mengidentifikasi hubungan, menganalisis probabilitas, membuat prediksi dan keputusan logis, dan memecahkan masalah yang kompleks (Halpern, 2014). Ennis (1985) mengkategorikan kemampuan berfikir kritis menjadi 12 kriteria, (1) fokus terhadap pertanyaan, (2) menganalisis argumentasi, (3) bertanya dan menjawab pertanyaan, (4) memutuskan kredibilitas sumber, (5) mengobservasi dan menyimpulkan hasil observasi, (6) mengambil kesimpulan secara deduksi, (7) mengambil kesimpulan secara induktif, (8) memutuskan dan menilai kesimpulan, (9) mendefinisikan, (10) mengidentifikasi asumsi, (11) memutuskan tindakan, (12) berinteraksi dengan lainnya. Dari berbagai pendapat yang telah dipaparkan, dapat bahwa Kemampuan berfikir kritis merupakan kemampuan yang berkaitan dengan pemikiran reflektif dan masuk akal untuk menarik kesimpulan melalui (1) klarifikasi dasar dengan indikator menentukan masalah utama dan menganalisis argumen, (2) dukungan dasar dengan indikator menilai kredibilitas sumber dan membuat kesimpulan, (3) mengklarifikasi tingkat lanjut dengan indikator mengklarifikasi asumsi dengan memberikan argumentasi, (5) menerapkan strategi dan taktik dengan indikator menerapkan strategi penyelesaian masalah dari kondisi yang telah dideskripsikan. Indikator diadaptasi dari Ennis (1985) yang telah banyak digunakan sebagai dasar instrumen kemampuan berfikir kritis.

Konsep tidak dapat disimpan lama dalam ingatan siswa, dan oleh karena itu diperlukan pengalaman yang mampu melatih kemampuan berpikir kritis siswa, model inkuiri merupakan salah satu model yang dapat digunakan (Putra, Sudargo, & Redjeki, 2014). Komponen-komponen berfikir kritis yang didefinisikan oleh pakar dapat ditingkatkan melalui penggunaan model pembelajaran inkuiri dan PjBL. Kegiatan merumuskan hipotesis, pertanyaan, alternatif solusi, dan rencana kegiatan eksperimen ada dalam model inkuiri dan PjBL. Model OASIS yang dikembangkan dari model inkuiri dan PjBL dalam kegiatan analisis juga mahasiswa dituntut untuk merumuskan hipotesis, memberikan alternatif solusi, dan merencanakan kegiatan eksperimen.

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Nyoto Suseno (2012) mengembangkan model pembelajaran Inkuiri menggunakan analogi pada konsep rangkaian listrik seri dan parallel. Diperoleh hasil bahwa mahasiswa dapat menemukan konsep secara rinci dan benar dan terhindar dari kesalahan konsep. Kendala dalam pembelajaran inkuiri menggunakan analogi adalah keperluan waktu yang cukup panjang, karena dalam penggunaan analogi memerlukan kemampuan awal mahasiswa tentang domain dasar (*sebagai resource*) yang baik.

Penerapan model juga membutuhkan waktu yang cukup lama. Hasil penelitian nyoto suseno dapat dijadikan pertimbangan dalam mengembangkan model, terutama penguatan kemampuan awal yang dimiliki mahasiswa, kemudian, model inkuir cenderung membutuhkan waktu yang lama, perlu startegi khusus untuk mengefektifkan implemantasi model inkuiri. Pemberian tugas review konsep adalah salah satu langkah yang diasumsikan dapat mengefisienkan waktu pembelajaran di kelas.

Tompo, Ahmad, Muris (2016) memberikan kesimpulan bahwa bahwa siswa mengalami reduksi miskonsepsi IPA pada kategori sedang dengan penerapan model yang telah dikembangkan. Hasil penelitian Tompo, Ahmad, Muris (2016) memberikan penguatan bahwa model inkuiri dapat mereduksi miskonsepsi, namun masih pada kategori sedang. Masih dimungkinkan peningkatan dengan memodifikasi model inkuiri. Pada model inkuiri yang dilakukan oleh Tompo, Ahmad, Muris (2016), pada tahap orientasi belum ada *review* konsep. Konsep yang dimiliki mahasiswa tidak diinvestiagsi kembali. Tahap sinergi konsep untuk memberikan penguatan konsep pada siswa tidak ada. Dengan modifikasi sintak inkuiri diharapkan dapat meningkatkan level konsepsi mahasiswa.

Pedaste et al. (2015) memberikan informasi bahwa Sintak model inkuiri membiarkan lebih banyak kebebasan kepada mahasiswa menuju proses belajar yang produktif berdasarkan topik yang telah terdeteksi selama proses pembelajaran. Sangat penting mengkaitkan model pembelajaran yang dikembangkan dengan materi yang akan dibahas, terutama masalah dalam mempelajari (memahami) materi. Dalam penelitian ini topik berkaitan dengan level konsepsi 3* (miskonsepsi)

dan yang tidak maupun sedikit mengetahui konsep. penting untuk mempertimbangkan kebutuhan siswa yang harus membingkai asas desain dan isi elemen pendukung pembelajaran. Pemilihan topik menjadi pertimbangan dalam pengembangan model. Pengembangan kegiatan pembelajaran dan kegiatan pembelajaran diarahkan pada temuan konsepsi yang dimiliki oleh mahasiswa.

Prince, Vigeant, & Nottis (2016) memberikan informasi bahwa miskonsepsi sangat sulit direduksi dengan pengajaran tradisional, model inkuiri berbasis aktivitas secara signifikan meningkatkan kinerja siswa pada ukuran pemahaman konseptual, baik secara keseluruhan dan untuk setiap konsep yang ditargetkan. Penelitian ini memperkuat bahwa inkuiri dapat digunakan untuk mereduksi miskonsepsi mahasiswa. Reduksi miskonsepsi berdampak pada peningkatan level konsepsi yang dimiliki oleh mahasiswa. Penekanan penelitian ini adalah miskonsepsi tidak akan tereduksi apabila metode ceramah diterapkan didalam kelas. Perlu model yang berpusat pada mahasiswa dan menuntut mahasiswa untuk aktif dalam berbagai kegiatan pembelajaran.

Zion & Mendelovici (2012) memberikan informasi bahwa kesulitan penerapan model pembelajaran inkuiri adalah dalam memfokuskan pertanyaan. Hasil penelitian ini memberikan masukan bahwa pertanyaan yang diberikan pada tahap orientasi dan *feedback* pada tahap analisis dan sintesis perlu difokuskan pada masalah temuan konsepsi. Feedback dosen diharapkan juga dapat menstimulus mahasiswa untuk menguji kembali konsepsinya.

Sutama, Arnyana, & Swasta (2014) memberikan kesimpulan model pembelajaran inkuiri dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa karena siswa terbiasa dalam mengkaji suatu permasalahan melalui kegiatan *hand on* yang kemudian di analisis melalui kajian teori untuk merumuskan suatu hipotesis dan diuji melalui sebuah praktikum hingga mendapatkan sebuah kesimpulan. Hasil kesimpulan ini memberikan penguatan bahwa ketrampilan berfikir kritis merupakan dampak pengiring dalam pengimplementasian model inkuiri. Kegiatan eksperimen dalam inkuiri juga dapat membantu mahasiswa mensintesis pengetahuan yang dimiliki dengan hasil eksperimen yang diperoleh.

Abdi (2014) memberikan informasi bahwa model inkuiri meningkatkan

level konsepsi, berfikir kritis, mahasiswa memiliki pemahaman yang lebih baik terhadap informasi yang dibahas terutama pada pertanyaan yang membutuhkan interpretasi. Hasil penelitian ini memperkuat penelitian sebelumnya bahwa inkuiri dapat meningkatkan level konsepsi, berfikir kritis, dan pertanyaan yang diberikan harus fokus dan mengarah pada substansi. Interpretasi mahasiswa terhadap *feedback* yang diberikan dosen menunjukkan tingkat konsepsi yang dimiliki mahasiswa.

Winarti, Yuanita, & Nur (2015) memberikan informasi bahwa kegiatan melibatkan siswa langsung dalam kegiatan eksperimen menyebabkan terjadinya peningkatan penguasaan konsep yang merupakan sintak “akui bakat” dalam model “CERDAS” (C), Ekspose konsep (E), Rumuskan keingintahuan (R), Dalami konsep (D), Akui bakat (A), serta Simpul ingatan (S). Penelitian Winarti, Yuanita, & Nur (2015) memberikan penguatan bahwa kegiatan eksperimen perlu dilakukan. Mahasiswa akan lebih menguasai konsep apabila mampu membuktikan secara langsung. Selain mengkaji dari berbagai sumber, kemudian dianalisis dan disintesis, baik konsep maupun bentuk matematisnya, kegiatan eksperimen dan hasilnya akan memberikan sintesis tersendiri atas pengetahuan yang dimiliki mahasiswa. Kegiatan eksperimen juga akan dijadikan pertimbangan dalam pengembangan model. Eksperimen sederhana dan fleksibel menjadi salah satu pertimbangan, mengingat efisiensi waktu dan dana.

Handhika (2008) memberikan informasi bahwa model inkuiri dapat Meningkatkan kemampuan menyelesaikan masalah, pemberian tugas dan pertanyaan esensial sebelum pembelajaran dimulai dapat mengefektifkan proses pembelajaran. Pengembangan model perlu mempertimbangkan pemberian pertanyaan dan tugas di awal pembelajaran, terutama pada tahap orientasi.

SRI (2000) memberikan informasi bahwa PjBL Dapat meningkatkan level konsepsi, berfikir kritis, dan berpotensi untuk mengembangkan keterampilan yang kompleks, seperti pemikiran tingkat tinggi, pemecahan masalah, Berkolaborasi, dan berkomunikasi. Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa selain model inkuiri, PjBL juga dapat digunakan untuk meningkatkan level konsepsi dan berfikir kritis. Dengan menganalisis dan mengkombinasikan kedua model, diharapkan dapat menghasilkan model baru yang lebih efisien dan efektif dalam meningkatkan

level konsepsi. Larmer, *et al.* (2015) dan (Neo, 2009) memberikan informasi bahwa model PjBL dapat (1) meningkatkan aktivitas belajar dan kolaborasi, (2) dapat mengembangkan dan mempraktekan kemampuan komunikasi, (3) dapat meningkatkan kemampuan menyelesaikan masalah, (4) Meningkatkan kemampuan mengelola referensi, (5) Memberikan pengalaman pengorganisasian proyek, (6) Melibatkan mahasiswa untuk belajar mengambil informasi dan menunjukkan pengetahuan yang dimiliki, kemudian diimplementasikan dengan dunia nyata. Thomas (2000) dan Handhika (2011) memberikan informasi bahwa Model PjBL dapat memotivasi mahasiswa untuk belajar mandiri. Railsback (2002) memberikan informasi bahwa PjBL memberikan kesempatan belajar yang lebih luas di kelas, memberikan langkah untuk melibatkan mahasiswa dalam berbagai kegiatan pembelajaran. Yalçin, Turgut, & Buyukkasap (2009) mendeskripsikan karakteristik model PjBL yang membuat pembelajaran tidak monoton dan lebih dinamis. PjBL mendukung siswa/mahasiswa dalam belajar dan mempraktikkan keterampilan dalam menyelesaikan masalah. Model PjBL melibatkan siswa dalam menerapkan konsep dalam perancangan dan pembuatan proyek. PjBL membantu siswa mengembangkan kemampuan kerjasama, membuat keputusan dan berinisiatif, dan menghadapi pemecahan masalah yang kompleks, komunikasi, dan pengelolaan diri.

Dari pemaparan diatas, dapat diperoleh informasi bahwa penerapan PjBL dapat memberikan penguatan konsep dan menuntut keterlibatan aktif mahasiswa. Keunggulan PjBL ini menjadi pertimbangan penting dalam mengembangkan model dalam penelitian ini. Berbagai aktivitas dalam PjBL terutama dalam pembuatan produk (produk alat eksperimen sederhana) sesuai dengan komponen model yang dikembangkan dalam penelitian ini. Dalam model pembelajaran yang bertujuan pada peningkatan level konsepsi peran aktif mahasiswa diprioritaskan. Model PjBL mendukung hal ini. Seperti yang dideskripsikan dalam penelitian Juan Rosales & Sulaiman (2016) memberikan informasi bahwa tugas proyek yang muncul dari pertanyaan terkadang tidak bisa dipecahkan dengan hafalan, dibutuhkan keterlibatan aktif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan tersebut.

C. Kerangka Berpikir

Telah dideskripsikan bahwa model inkuiri dan PjBL merupakan model induk yang digunakan untuk mengembangkan model OASIS yang dapat meningkatkan level konsepsi. Model inkuiri dan PjBL memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam penerapannya model inkuiri tentunya memiliki kelemahan, Duran, McArthur, & Hook (2004) menyatakan bahwa mahasiswa akan mengalami frustrasi di awal karena penggunaan model inkuiri, kelemahan model inkuiri yang lain adalah membangun dan memfokuskan pertanyaan Zion & Mendelovici (2012). Inkuiri memerlukan waktu yang lama, selain aktivitas inkuiri (eksperimen maupun demonstrasi). Kelemahan dalam model inkuiri dapat direduksi dengan mengakomodasi sintak pada PjBL.

PjBL merupakan alternatif model yang digunakan untuk meningkatkan level konsepsi mahasiswa. Selain menumbuhkan motivasi (Larmer, et al., 2015), PjBL juga dapat meningkatkan rasa percaya diri (Katz & Chard, 1992), kemampuan presentasi dan komunikasi (Neo & Neo 2009). Handhika (2016), Handhika (2010) memberikan informasi yang linier dengan kesimpulan pakar. Dengan pemberian tugas proyek pada mahasiswa dan mempresentasikan produk dan hasil eksperimennya, mahasiswa dapat mereduksi frustrasi pada saat pembelajaran berlangsung.

Model inkuiri dan PjBL sama-sama membutuhkan waktu yang lama. Model inkuiri membutuhkan waktu yang lama dalam kegiatan praktikum. Pada model PjBL, mahasiswa dituntut untuk merancang alat sendiri (tidak disediakan oleh dosen) maka waktu yang dibutuhkan lebih lama lagi. Lamanya waktu yang dibutuhkan dalam penerapan model PjBL adalah mahasiswa belum memiliki gambaran eksperimen yang akan dirancang. Evaluasi terhadap penerapan model inkuiri dan PjBL menjadi pertimbangan peneliti untuk mengembangkan model yang lebih efektif. Perpaduan antara model inkuiri dan PjBL dengan melibatkan kajian literatur dan analisis kebutuhan menghasilkan model OASIS yang diharapkan dapat meningkatkan level konsepsi mahasiswa.

Guna mengatasi waktu yang lama dalam Model pembelajaran Inkuiri dan PjBL, pemberian tugas berupa pemberian konsep *review* pada Model OASIS

diharapkan dapat memberikan gambaran umum tentang konsep-konsep yang akan dirancang dalam kegiatan proyek dan eksperimennya. Contoh proyek dan eksperimen sederhana juga diberikan dalam modul. Kegiatan proyek dan eksperimen yang diberikan dapat dikembangkan oleh mahasiswa. Tugas *review* konsep merupakan tugas untuk mereview konsep-konsep yang akan dipelajari sebelum pembelajaran dimulai. Pemberian tugas *review* dapat mengefektifkan fase orientasi, dimana mahasiswa sudah memiliki konsepsi terhadap materi yang akan dipelajari. Handhika (2008) memberikan tugas *review* di awal pembelajaran dan efektif meningkatkan hasil belajar. Peningkatan hasil belajar disebabkan oleh proses diskusi berjalan baik dan efektif karena mahasiswa memiliki kemampuan awal dari hasil konsep *review*. Handhika (2016) merekomendasikan menambahkan konsep *review* pada fase orientasi. Penekanan pemberian *feedback* (representasi eksternal) diperlukan untuk mengungkap konsepsi yang dimiliki mahasiswa. Handhika, Cari, Soeparmi, Sunarno (2015) memberikan informasi bahwa pemberian *feedback* (representasi eksternal) memberikan informasi bahwa pemberian *feedback* dapat membantu mahasiswa dalam memahami konsep.

Kegiatan analisis tidak hanya menganalisis hasil eksperimen, analisis hasil diskusi dan kajian literatur juga perlu dilakukan. Kegiatan analisis hasil eksperimen menjadi pengetahuan baru yang diperoleh mahasiswa secara langsung. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil eksperimen dapat menimbulkan konflik kognitif apabila pengetahuan yang diperoleh bertentangan dengan pengetahuan yang di peroleh dari hasil orientasi. Dalam kegiatan analisis mahasiswa juga diberikan kesempatan berdiskusi antar kelompok dengan mempresentasikan hasil konsepsinya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil review konsep maupun eksperimen di uji dengan pengetahuan dari masing-masing individu dalam kelompok.

Konsepsi mahasiswa yang diperoleh dalam kegiatan inkuiri perlu direfleksikan melalui kegiatan investigasi konsep, dimana mahasiswa mengevaluasi konsepsi yang dimiliki dengan mengerjakan tes konsepsi. Konsepsi yang diperoleh di sinergikan sehingga dapat dilihat sejauh mana level konsepsi yang dimiliki mahasiswa. Sinergi konsep dimaksudkan untuk mengungkap konsepsi mahasiswa

dalam berbagai sudut pandang dan presentasi, selama sesuai dengan konsepsi yang disepakati pakar dan mahasiswa menjelaskan dengan baik batasan konsepsinya, maka dapat dikatakan level konsepsi mahasiswa meningkat.

Setelah kegiatan investigasi, mahasiswa perlu mensinergikan konsepsi yang diperoleh. Mahasiswa menyelaraskan konsepsi yang dimiliki dengan konsepsi ilmuwan/pakar yang dilakukan melalui proses diskusi. Dalam menyelaraskan konsepsi mahasiswa, dosen menggunakan hasil *review* konsep dan eksperimen pada tahap analisis dan sintesis. Sinergi lebih bersifat memadukan argumentasi konsepsi yang berbeda, namun masih sesuai dengan konsepsi yang disepakati oleh ilmuwan.

Mahasiswa membangun konsepsi fisika dari lingkungan, baik keluarga maupun di kelas, dan pengalaman. Proses asimilasi, akomodasi, dan ekuilibrium berlangsung dalam pemrosesan konsepsi (Piaget, 1936). Dalam belajar bermakna (Ausebel, 1960) mahasiswa mencoba menghubungkan fenomena baru ke dalam struktur pengetahuan yang ada, apabila fenomena baru (konsepsi yang benar) yang diperoleh telah melewati tahap asimilasi, akomodasi, dan ekuilibrium dan diterima sebagai pengetahuan baru oleh mahasiswa, maka proses pembelajaran menjadi bermakna. Sintak dalam model OASIS memiliki potensi yang besar dalam meningkatkan level konsepsi.

Sintak pembelajaran model OASIS dirancang untuk meningkatkan level konsepsi mahasiswa. Setiap langkah-langkah dalam model OASIS memiliki tujuan khusus mengidentifikasi, mengungkap, menguji, dan mengkonstruksi konsepsi yang dimiliki oleh mahasiswa. Langkah-langkah model OASIS dirancang berurutan dan berkaitan satu dengan yang lain. Pengabaian sintak dalam melaksanakan model OASIS memberikan konsekuensi pada pencapaian indikator keberhasilan pelaksanaan model. Sebelum model OASIS diimplementasikan, mahasiswa diberikan tes konsepsi dan kemampuan berfikir kritis.

Tujuan khusus masing-masing langkah model OASIS dan Implementasinya dideskripsikan sebagai berikut.

1. Orientasi Konsep

Orientasi konsep merupakan langkah dimana mahasiswa secara individu melakukan *Review* konsep fisika yang akan dipelajari dari berbagai sumber (sumber ditulis lengkap dan otentik). Mahasiswa menyelesaikan permasalahan yang diberikan oleh dosen secara individu maupun kelompok. Langkah ini dirancang sebagai tahap awal identifikasi konsepsi dan sumber konsepsi yang dimiliki mahasiswa. Selain itu juga konsepsi awal mahasiswa hasil kajian literatur diungkap secara tertulis dalam *review* konsep. Guna menguji konsepsi yang dimiliki mahasiswa, dosen memberikan pertanyaan unit untuk direspon langsung oleh mahasiswa maupun berdiskusi dengan teman sejawatnya (berkelompok). Kelompok pada tahap orientasi bebas tanpa ada pembatasan anggota. Pada tahap ini mahasiswa mengungkap dan menguji konsepsi yang fokus pada hasil kajian literatur yang dilakukan. Pada tahap orientasi konsep, dosen memperoleh konsepsi awal mahasiswa. Informasi konsepsi awal digunakan sebagai dasar pembagian kelompok pada tahapan analisis. Pada tahap orientasi terjadi sinergi konsepsi secara individu terkait konsep yang di kaji diawali dengan masuknya berbagai informasi dari berbagai informasi dan argumentasi verbal dari mahasiswa. Pembagaian kelompok pada tahap berikutnya berdasarkan konsepsi yang dimiliki mahasiswa. Satu kelompok masing-masing empat anggota dengan minimal ada dua variasi konsepsi berbeda.

2. Analisis Konsep

Analisis konsep merupakan tahapan dimana mahasiswa menganalisis permasalahan yang diberikan oleh dosen. Analisis permasalahan dilakukan melalui diskusi, kajian literatur, dan kegiatan eksperimen/demonstrasi/simulasi. Pada tahap analisis mahasiswa dituntut untuk merumuskan masalah, membuat hipotesis, mengumpulkan data, dan mengungkapkan pendapat atas permasalahan yang dikaji. Telah dideskripsikan sebelumnya bahwa pembagian kelompok pada tahap analisis dirancang dimana minimal memiliki dua konsepsi yang berbeda dalam anggotanya. Dengan konsepsi yang berbeda diharapkan terjadi interaksi informasi konsep antar mahasiswa. Mahasiswa menguji konsepsi yang dimiliki dengan cara berdiskusi dan berargumentasi dengan teman kelompoknya. Proses tukar-menukar informasi

literatur tahap analisis terjadi dalam kelompok kecil dengan tujuan mahasiswa dapat mengungkapkan konsepsi secara terbuka dan mengurangi tekanan dan kecemasan dalam mengungkapkan konsepsi yang dimiliki. Kondisi ini tentunya berbeda dengan diskusi dan kajian literatur pada tahap orientasi.

Selain menganalisis permasalahan melalui kajian literatur, mahasiswa juga melakukan kegiatan eksperimen/demonstrasi/simulasi (E/D/S) sesuai dengan permasalahan konsepsi. Fungsi dari kegiatan E/D/S ini adalah menambah informasi konsepsi yang dimiliki mahasiswa secara langsung. Hasil kegiatan yang dilakukan dapat menimbulkan konflik kognitif apabila informasi konsepsi yang diperoleh dari hasil kegiatan E/D/S tidak sesuai dengan konsepsi yang diperoleh dari hasil referensi. Mahasiswa dapat melakukan kegiatan berulang-ulang untuk menguji hasil kegiatannya, ataupun mensinergikan konsepsi yang dimiliki dengan hasil eksperimen. Sinergi konsep dari kajian literatur, argumentasi, dan E/D/S terjadi pada tahap ini.

3. Sintesis Konsep

Setelah tahap analisis mahasiswa melakukan sintesis konsep. Dalam kegiatan sintesis konsep Mahasiswa mempresentasikan hasil eksperimen, kajian literatur masing-masing kelompok, kemudian di kritisi dan di diskusikan oleh mahasiswa maupun kelompok mahasiswa lainnya. Pengintegrasian berbagai informasi merupakan hasil dari langkah sintesis. Dengan mempresentasikan konsepsi yang diperoleh dari hasil analisis, konsepsi yang dihasilkan dalam diskusi kelompok tersebut dapat terungkap, kemudian konsepsi yang dimunculkan masing-masing kelompok dapat diuji oleh kelompok lain dengan memberikan pertanyaan dalam bentuk kritik, pertanyaan, dan pertanyaan. Tujuan dari tahap sintesis adalah mengungkap, dan menguji (mensintesis) hasil konsepsi yang diperoleh dari hasil analisis.

4. Investigasi Konsep

Setelah mengungkap dan mensintesis konsepsi masing-masing kelompok, konsepsi yang dimiliki mahasiswa dapat di ungkap melalui tahap investigasi konsep. Investigasi konsep merupakan langkah pembelajaran yang dirancang untuk mengungkap konsepsi mahasiswa secara individu. Kegiatan investigasi dilakukan

secara individu, kemudian didiskusikan secara berkelompok. Mahasiswa dapat mengubah jawabannya, namun jawaban yang sebelumnya tetap ditulis, penyebab perubahan jawaban juga dideskripsikan. Tujuan investigasi konsep adalah mengungkap konsepsi yang dihasilkan dari tahapan orientasi, analisis, dan sintesis beserta penyebab perubahan konsepsinya. Pada tahap investigasi konsep, dosen mendapatkan informasi langkah-langkah dalam model OASIS yang dapat mengubah konsepsi yang dimiliki mahasiswa.

5. Sinergi Konsep

Tahap akhir dalam model OASIS adalah sinergi. Dalam kegiatan sinergi Mahasiswa menyelaraskan konsepsi yang dimiliki dengan konsepsi ilmuwan/pakar yang dilakukan melalui proses diskusi. Dalam menyelaraskan konsepsi mahasiswa, dosen menggunakan hasil *review* konsep dan eksperimen pada tahap analisis dan sintesis. Sinergi lebih bersifat memadukan argumentasi konsepsi yang berbeda, namun masih sesuai dengan konsepsi yang disepakati oleh ilmuwan. Sebagai contoh bentuk kegiatan sinergi adalah mahasiswa dapat menyatakan benda diatas meja sebagai Hukum I atau III Newton dengan argumentasi yang sesuai. Sebagai contoh mahasiswa boleh menyatakan bahwa benda diatas meja adalah hukum I Newton dengan meninjau benda diatas benda saja, namun mahasiswa dapat mengungkapkan kondisi tersebut merupakan hukum Newton III dengan meninjau benda dan bumi, dimana terjadi interaksi antara benda dengan bumi. Tujuan dari kegiatan sinergi adalah mengungkap konsepsi dan argumentasi yang dimiliki mahasiswa. Dalam tahap sinergi mahasiswa tidak diminta untuk menyimpulkan suatu konsep, tetapi mahasiswa diminta untuk menyampaikan argumentasi dan pendapatnya terkait konsep yang dikaji. Berdasarkan tujuan yang dideskripsikan pada masing-masing sintak, model OASIS memiliki potensi meningkatkan level konsepsi mahasiswa.

D. Model Konseptual

Joyce & Calhoun, E. (2009) mengungkapkan unsur utama model antara lain (1) *syntax* (sintak) atau langkah-langkah pembelajaran, (2) *Social system* (sistem sosial), suasana pada saat pembelajaran, (3) *principles of reaction* (prinsip reaksi), menggambarkan stimulus dari fasilitator dan reaksi siswa, (4) *Support system*

(sistem pendukung), berkaitan dengan sarana dan perangkat pendukung pembelajaran, (5) *Instructional* dan *nurturant effect* (dampak instruksional dan dampak pengiring).

Dalam mengembangkan model tentunya harus dilandasi oleh dasar teori terkait model. Dalam mengembangkan model, unsur utama dalam Joyce & Calhoun, E. (2009) model harus terpenuhi. Mengembangkan tidak harus membuat model baru, melainkan model-model yang ada dianalisis dan dijadikan landasan dalam mengembangkan model. Kajian teori tentang model-model induk (model yang dijadikan referensi pengembangan) dan tujuan pengembangan model dideskripsikan lengkap dengan kajian literturnya.

1. Implementasi sintak model

Implementasi sintak model yang dimaksud disini adalah sintak hipotetis dapat diimplementasikan dalam rencana pembelajaran dan perangkat pendukung pembelajaran.

2. Pemanfaatan *Feedback* (Umpan Balik) dan Representasi Eksternal sebagai Bentuk Prinsip Reaksi

Umpan balik berupa representasi eksternal merupakan indikator dalam pengembangan model OASIS. Salah satu model induk dari model hiptesis ini adalah inkuiri, dimana kegiatan bertanya merupakan penciri utamanya. Umpan balik merupakan pertanyaan/ Pernyataan yang diberikan dosen atas respon jawaban dari mahasiswa untuk menggali konsepsi lebih dalam. Sintak model OASIS yang dikembangkan diharapkan memiliki keleluasaan untuk memasukkan aktivitas pemberian umpan balik.

Prinsip reaksi mengedepankan stimulus berupa representasi eksternal bermuatan konflik kognitif. Representasi eksternal yang disajikan diharapkan mendapatkan reaksi yang positif dari mahasiswa. Proses reaksi mengedepankan keaktifan mahasiswa untuk berdiskusi. Penugasan membuat *review* mendorong mahasiswa untuk belajar mandiri. Tugas LKM dan model kooperatif dalam OASIS mendorong mahasiswa untuk bekerja secara berkelompok, berdiskusi, presentasi dan kegiatan interaksi positif lain untuk mengkonstruksi pengetahuan yang dimiliki.

3. Sistem Sosial

Model OASIS harus dapat memberikan kesempatan kepada mahasiswa melakukan interaksi dengan berbagai sumber pengetahuan (Buku, jurnal, diskusi pakar *online*, web), rekan sejawat, dosen melalui diskusi dan tanya jawab. Perkembangan IPTEK berdampak pada percepatan informasi dan pengetahuan. Interaksi sosial tidak terbatas pada lingkungan klasik, namun lebih luas lagi pada lingkungan global. Ketrampilan abad 21 salah satunya menuntut penguasaan teknologi informasi. Kemajuan teknologi informasi selain berdampak positif tentunya juga ada dampak negatif yang ikut mengiringi. Dengan adanya kebebasan kepada mahasiswa untuk berinteraksi dengan berbagai sumber, pengetahuan yang diperoleh bisa valid ataupun tidak. Kemampuan mahasiswa dalam memilih informasi secara selektif dapat membantu mahasiswa dalam penarikan kesimpulan konsep yang valid, meskipun ada resiko pemilihan informasi yang tidak valid oleh mahasiswa, akan menjadi bahan diskusi untuk langkah selanjutnya dan penulisan sumber secara otentik membantu dosen dalam memprofilkan sumber konsepsi.

4. Peran dan Tugas Dosen

Dosen berperan sebagai fasilitator dalam pembelajaran. Dosen memberikan tugas *review* konsep, memberikan permasalahan berkaitan dengan konsep, dan menguji konsep yang telah didiskusikan oleh mahasiswa dengan memberikan representasi eksternal (stimulant investigasi). Secara tidak langsung dosen mengarahkan kepada mahasiswa untuk belajar mandiri, bekerjasama, berfikir kritis dalam menemukan dan meningkatkan level konsepsi.

5. Sistem Pendukung

Sistem pendukung dalam penerapan meliputi; silabus, kontrak pembelajaran, satuan acara pembelajaran, bahan ajar, lembar kerja mahasiswa dan alat penilaian. Secara rinci sarana dan prasarana yang digunakan untuk setiap tahap, yaitu; (1) tahap orientasi dibutuhkan instrumen penilaian tugas *review* mahasiswa, masalah yang dapat menimbulkan konflik kognitif (pertanyaan esensial), (2) tahap analisis dibutuhkan instrumen dalam bentuk LKM untuk menggugah konsep yang dimiliki mahasiswa, perlengkapan eksperimen dan demonstrasi, simulasi, literatur (3) tahap sintesis membutuhkan *ceklist* diskusi, lembar observasi dan *log book*

proses diskusi (4) Tahap investigasi, dibutuhkan tes konsistensi representasi konsep. Seluruh perubahan konsep yang dideskripsikan merupakan data informasi kualitatif. Telah dideskripsikan sebelumnya bahwa model induk pengembangan yang digunakan adalah model Inkuiri dan PjBL. Setiap sintak memiliki potensi untuk meningkatkan level konsepsi dan kemampuan berfikir kritis sebagai dampak pengiring. Inkuiri dan PjBL memiliki kegiatan orientasi yang sama yakni bertanya. Pada kegiatan inkuiri, bertanya juga berfungsi sebagai tahap konseptualisasi. Sitak OASIS hasil analisis kajian literatur dan penerapan model induk dideskripsikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sintak OASIS Hasil Kajian Literatur

Sintak OASIS	Model	
	Inkuiri	PjBL
Orientasi Konsep	Bertanya (orientasi)	Pertanyaan Esensial (Orientasi)
Analisis Konsep	Merumuskan masalah	Merencanakan Proyek
Sintesis Konsep	Merumuskan hipotesis	Menjadwalkan Proyek
Investigasi Konsep	Melakukan Investigasi	Menilai Luaran
Sinergi Konsep	Evaluasi dan Refleksi	Evaluasi dan Refleksi

Pada tabel 2.4 terlihat bahwa tahap orientasi model inkuiri, PjBL, dan sintak OASIS memiliki karakteristik yang sama. Aktivitas “bertanya” menjadi pilihan dalam sintak OASIS karena dalam model inkuiri dan PjBL aktivitas ini berperan dalam (1) mengorientasikan pokok bahasan yang dipelajari, (2) menggali preconsepsi mahasiswa tentang konsep materi, (3) memotivasi mahasiswa untuk mempelajari materi, (3) memnstimulus mahasiswa untuk melakukan aktivitas belajar. Guna mereduksi waktu yang terbuang pada tahap orientasi konsep, pada sintak OASIS diberikan aktivitas membuat *review* konsep, yaitu kegiatan yang dilakukan mahasiswa dengan membuat rangkuman tentang konsep-konsep yang akan dipelajari, dengan mensertakan referensi. *Review* yang dimaksud disini tidak sekedar menyalin konsep dari referensi, namun mahasiswa diminta untuk membuat simpulan konsep dari berbagai referensi yang diperoleh. Kegiatan ini merupakan bagian kecil dari kegiatan analisis dan sintesis. Aktivitas merumuskan masalah dan

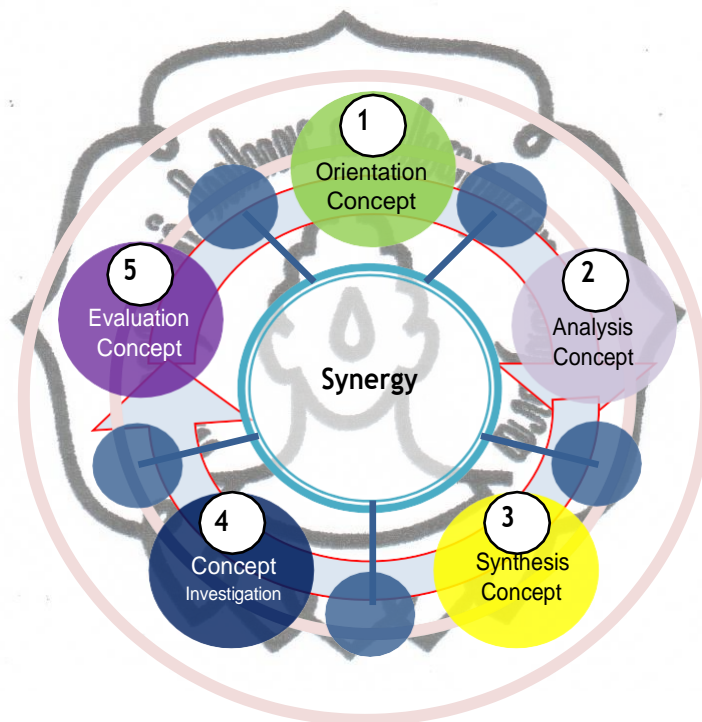
merencanakan proyek merupakan bagian yang terdapat dalam aktivitas analisis konsep. Pada tahap analisis konsep, mahasiswa diminta untuk menganalisis permasalahan yang diberikan oleh dosen, melalui diskusi kajian literatur dan eksperimen/demonstrasi/simulasi. Pada tahap analisis konsep mahasiswa dituntut untuk merumuskan masalah, membuat hipotesis, mengumpulkan data, dan menarik kesimpulan dari permasalahan yang dikaji. Pada tahapan analisis, adaptasi dari sintak inkuiri dominan digunakan untuk mereduksi waktu perancangan dan pembuatan proyek yang ada pada tahapan PjBL. Tahapan perancangan dan pembuatan proyek tidak dihilangkan sepenuhnya, mahasiswa tetap diminta untuk merancang alat praktikum sederhana pada kegiatan eksperimen. Rancangan pembuatan eksperimen sederhana dan kegiatan praktikum telah dipersiapkan terlebih dahulu. Tidak semua konsep dapat dieksperimenkan, demonstrasi dan pemberian presentasi simulasi menjadi alternatif solusi. Pada model Inkuiri, tahapan investigasi meliputi kegiatan analisis dan sintesis data hasil eksperimen, sedangkan pada model sintak OASIS, kegiatan sintesis masuk pada tahapan sintesis.

Tahap sintesis konsep dilakukan melalui presentasi hasil eksperimen, mengkaitkan dengan hasil kajian literatur masing-masing kelompok, kemudian di kritisi dan di diskusikan oleh mahasiswa maupun kelompok mahasiswa lainnya. Integrasi dari berbagai informasi merupakan hasil dari langkah sintesis. Proses penilaian luaran pada model PjBL mempengaruhi munculnya sintak ini, hanya saja yang dinilai bukan produk, melainkan hasil analisis kajian literatur dan kegiatan eksperimen.

Tahap investigasi konsep merupakan sintak tambahan yang merupakan adaptasi dari bagian kecil evaluasi. Tahap investigasi konsep merupakan tahapan dimana mahasiswa secara individu menginvestigasi konsep yang dimiliki dengan mengerjakan soal tes konsepsi. Hasil tes konsepsi didiskusikan dalam kelompok kecil, kemudian dipresentasikan dalam kelompok besar. Hasil sintesis kajian literatur dan eksperimen digunakan dalam menjawab tes konsepsi.

Tahap sinergi konsep merupakan tahapan baru dalam sintak ini. sinergi tidak hanya mengevaluasi, tapi lebih bersifat memadukan argumentasi konsepsi

yang berbeda, namun masih sesuai dengan konsepsi ilmuwan. Sebagai contoh, peristiwa pengereman kereta api, dimana ketika kereta api di rem mendadak, dan penumpang terdorong kedepan. Mahasiswa dapat mengatakan hukum ke I, II, atau III dengan syarat memberikan argumentasi kondisi yang tepat. Berdasarkan analisis kebutuhan, kajian literatur, dan teori belajar pendukung, model konseptual dideskripsikan pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Model Konseptual