

**1. JUDUL : PENINGKATAN PEMAHAMAN FISIKA DASAR POKOK BAHASAN KINEMATIKA DAN DINAMIKA PARTIKEL DENGAN BANTUAN ALAT PERAGA KINEMATIKA DAN DINAMIKA PADA MAHASISWA TPB JURUSNA PENDIDIKAN FISIKA ANGKATAN 2000/2001**  
*(Penelitian Tindakan Berbasis Kelas yang berorientasi pada inovasi-inovasi pembelajaran yang melibatkan utilisasi peralatan baru JICA)*

**2. LATAR BELAKANG MASALAH**

Perjuangan panjang yang memakan waktu hampir 10 tahun yang dilakukan oleh staf Dosen di lingkungan FPMIPA UPI untuk bekerjasama dengan proyek JICA dari Jepang kini telah membuahkan hasil. Sejumlah alat-alat praktikum maupun untuk demonstrasi telah diterima oleh 4 Jurusan yang ada di FPMIPA UPI. Hibah yang diberikan pemerintah Jepang itu tiada lain adalah untuk meningkatkan hasil belajar MIPA. Oleh karena itu dengan adanya bantuan tersebut maka fasilitas untuk mengembangkan inovasi-inovasi pembelajaran di lingkungan FPMIPA UPI menjadi sangat terbuka.

Sebagai dosen mata kuliah Fisika Dasar yang telah mengajar mata kuliah tersebut selama 4 tahun, kami sering mengamati bahwa umumnya mahasiswa TPB mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep Fisika dasar. Kebiasaan belajar fisika ketika mereka masih menduduki bangku SMU yang berorientasi pada rumus-rumus jadi dan pembahasan soal-soal secara langsung tanpa menghiraukan pemahaman konsep-konsepnya, merupakan kendala utama mereka sehingga mereka sulit beradaptasi pada cara pembelajaran di Perguruan Tinggi. Diperparah lagi dengan cara pembelajaran fisika di SMU yang hanya mengandalkan buku dan kapur tulis, sehingga pembelajaran fisika menjadi “melangit” dan jauh dari kehidupan nyata.

Orientasi proses pembelajaran Fisika Dasar di Perguruan Tinggi khususnya di Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI adalah terhadap pemahaman konsep-konsep fisika. Karena mata Kuliah Fisika Dasar merupakan mata kuliah yang bertujuan memantapkan pemahaman fisika dasar mahasiswa yang telah mereka peroleh di SMU dan memberikan bekal yang cukup untuk dapat memahami mata kuliah - mata kuliah lanjutan di Perguruan Tinggi. Pada kenyataannya kuantitas dan kualitas hasil yang diperoleh oleh mahasiswa TPB, khususnya mahasiswa TPB jurusan Pendidikan Fisika selama 3 tahun terakhir ini kurang menggembirakan. Sebagai bukti empiris yang menunjukkan hal tersebut, dibawah ini kami tampilkan data kelulusan mahasiswa pada program TPB tahun kademik 1998/1999 pada mata kuliah Fisika Dasar I yang diperoleh dari Koordinator Tim Dosen Fisika Dasar :

**Data kelulusan mahasiswa program TPB pada mata kuliah  
Fisika dasar I tahun akademik 1998/1999**

Jurusan	Peserta	Kelulusan					Total
		A	B	C	D	E	
Fisika	192	4	60	61	20	47	192
Kimia	137	8	53	44	12	20	137
Matematika	145	11	53	34	9	27	145
Biologi	139	-	14	48	63	14	139
Total	613	23	191	187	104	108	613

Catatan : Untuk mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika Nilai D sama dengan tidak lulus atau sama dengan E, sehingga wajib mengulang.

Data diatas memberikan isyarat bahwa perlunya pengungkapan yang mendalam tentang berbagai faktor yang mempengaruhi ketidaklulusan mahasiswa pada mata kuliah fisika dasar terutama untuk mahasiswa TPB jurusan Pendidikan Fisika. Banyak faktor yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas kelulusan mahasiswa pada perkuliahan Fisika dasar, yaitu : Perencanaan perkuliahan, penyajian materi, pemberian motivasi, evaluasi, umpan balik, tindak lanjut, dan lain sebagainya. Pada penelitian ini kami akan memprioritaskan pada faktor penyajian materi perkuliahan dengan penelitian tindakan berbasis kelas, sehingga diharapkan melalui tindakan berbasis kelas yang dibantu dengan alat-alat peraga kiriman proyek JICA diharapkan dapat meningkatkan kualitas maupun kuantitas kelulusan Fisika dasar.

### 3. MASALAH YANG DIHADAPI

Dari diskusi-diskusi yang dilakukan dengan teman-teman tim dosen fisika dasar yang mengajar pada program TPB terungkap permasalahan-permasalahan sebagai berikut :

- a. Sub pokok bahasan kinematika dan dinamika partikel merupakan materi fisika yang sangat baik untuk mengembangkan cara berfikir dan bernalar. Namun karena kelihatannya rumit dan abstrak sehingga *mahasiswa kurang senang* dengan materi tersebut. Padahal kinematika dan dinamika partikel merupakan materi wajib yang harus difahami oleh mahasiswa MIPA, karena sangat diperlukan untuk memahami matakuliah-matakuliah lanjutan seperti Mekanika, Fisika Kuantum, Fisika Moderen, Termodinamika, dan lain-lain. Oleh karena itu supaya pemahamannya lebih mudah akan diupayakan *berbagai pendekatan dengan penelitian berbasis kelas yang dibantu dengan menggunakan alat peraga.*
- b. Dalam Sub pokok bahasan kinematika dan dinamika partikel banyak ditemukan pernyataan konsep yang direpresentasikan dalam bentuk grafik. Kecakapan membaca dan menafsirkan konsep-konsep fisika dalam bentuk grafik merupakan hal yang wajib dimiliki oleh seluruh mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika, karena Fisika sangat erat dengan eksperimen. Hampir

semua mata kuliah di Jurusan Pendidikan Fisika ada eksperimennya, sedangkan hasil-hasil eksperimen dinyatakan dalam bentuk grafik, sehingga diperlukan kemampuan membaca dan menafsirkan grafik untuk menyimpulkan kecenderungan-kecenderungan data. Pada kenyataannya *kemampuan membaca dan menafsirkan sebuah grafik masih sangat kurang*. Padahal hampir seluruh konsep-konsep dasar kinematika dan dinamika di SMU dinyatakan dalam bentuk grafik, seperti konsep kecepatan, percepatan, gaya gesek, lintasan gerak benda, gerak dalam bidang datar, dan lain-lain. Kita ketahui bahwa dari sebuah grafik kita dapat menggali banyak konsep. Sehingga dalam penelitian ini akan dicobakan berbagai pendekatan sesuai dengan karakteristik penelitian tindakan berbasis kelas dalam beberapa siklus untuk melatih kemampuan mahasiswa memahami konsep-konsep kinematika dan dinamika partikel melalui grafik yang dibantu dengan alat-alat peraga seperti set ticker timer, alat atwood, kereta dinamika, dan lain-lain.

- c. *Kecenderungan miskonsepsi* pada pokok bahasan kinematika dan dinamika partikel sangat banyak. Misalnya dalam membedakan konsep laju rata-rata dengan kecepatan rata-rata, laju sesaat dan kecepatan sesaat, konsep aksi-reaksi, pemahaman hukum Newton I dan II, percepatan sentripetal dan sentrifugal, gaya fiktif dan gaya coriolis, dan lain-lain. Kecenderungan miskonsepsi pada topik-topik yang disebutkan diatas lebih banyak disebabkan karena pembelajaran fisiknya tidak dibawa kearah nyata dalam kehidupan sehari-hari. Dalam penelitian ini akan dicoba berbagai pendekatan sesuai hasil observasi, sehingga tindakan-tindakan apa yang harus diberikan untuk tidak terjadinya miskonsepsi. Demikian seterusnya sesuai dengan karakteristik penelitian berbasis kelas.
- d. Masalah lain yang ditemukan dari hasil pengamatan terhadap mahasiswa TPB adalah *kemampuan interpretasi persamaan-persamaan matematik yang merepresentasikan hubungan antar berbagai besaran dalam kinematika dan dinamika partikel*. Hal ini merupakan masalah serius yang harus segera didiagnosa untuk mencari tindakan-tindakan yang tepat untuk mengatasinya. Karena penafsiran matematis murni tanpa memperhatikan pengertian fisisnya akan mengakibatkan *salah konsep*. Dan ini berakibat pada kemampuan menyelesaikan persoalan-persoalan yang diberikan pada saat ujian sangat rendah.
- e. Selanjutnya masalah yang dihadapi oleh mahasiswa TPB pada perkuliahan Fisika dasar adalah *kemampuan membaca data yang sangat lemah*. Yang dimaksud kemampuan membaca data yang sangat lemah adalah tidak dapat membaca kecenderungan-kecenderungan data yang berujung pada suatu kesimpulan sehingga ia dapat memetik konsep fisika dari data tersebut. Baik data dalam bentuk angka-angka maupun dalam bentuk grafik.

- f. *Kelemahan dalam kemampuan mengkaitkan satu konsep dengan konsep yang lainnya* juga merupakan masalah serius yang harus diberi perhatian agar fisika tidak difahami secara parsial . Dalam perkuliahan Seminar Fisika sering sekali masalah ini terungkap. Sehingga hal inipun memerlukan observasi untuk menentukan tindakan-tindakan apa yang harus dilakukan untuk mengantisipasi hal ini melalui penelitian tindakan berbasis kelas.
- g. *Masalah peta konsep* dalam memahami sub pokok bahasan kinematika dan dinamika partikel juga sangat penting untuk diperhatikan, karena ini merupakan muaranya hasil belajar kinematika dan dinamika partikel. Dalam penelitian ini mahasiswa setelah mendapatkan berbagai pendekatan melalui tindakan-tindakan pada setiap siklus harus mampu membuat peta konsep .

#### **4. TUJUAN DAN MANFAAT HASIL PENELITIAN**

Hasil yang diharapkan dari penelitian tindakan berbasis kelas ini adalah :

- a. Peningkatan keahlian dosen fisika dasar dalam memperbaiki kemampuan mengatasi masalah-masalah kesulitan belajar fisika dasar dalam proses belajar mengajar fisika dasar. Kemampuan ini dapat ditularkan kepada dosen fisika dasar lain yang berada dalam tim fisika dasar.
- b. Mahasiswa mengalami peningkatan pemahaman fisika dasar, khususnya pada materi kinematika dan dinamika partikel. Hal ini dapat dijadikan sebagai model belajar memahami konsep-konsep fisika dasar yang lain yang berakibat adanya peningkatan kuantitas dan kualitas lulusan fisika dasar.

#### **4. LOKASI PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI Jalan Dr.Setiabudi no.229 Bandung.

#### **5. KERANGKA TEORITIS DAN HIPOTESA PENELITIAN TINDAKAN**

Menurut teori perkembangan Piaget, kemampuan intelektual seseorang akan berkembang sesuai dengan perkembangan usia. Dengan kata lain kemampuan belajar seseorang sangat bergantung pada tingkatan usia orang tersebut. Hal ini berkaitan pula dengan jenjang pendidikan yang sedang ditempuhnya, sehingga kemampuan memahami isi suatu mata kuliah sangat berkaitan dengan jenjang pendidikan.

Dengan demikian kemampuan memahami suatu materi perkuliahan akan sangat bergantung pada usia orang tersebut. Atau dengan kata lain kemampuan memahami suatu materi akan sangat bergantung pada jenjang pendidikan siswa tersebut. Sebagai contoh, kemampuan memahami kinematika dan dinamika partikel siswa SMU ( dan umunya lebih rendah dari mahasiswa tingkat pertama ) . Jadi meskipun pendekatan dan metoda pembelajaran yang digunakan mungkin sama, tetapi dosen yang mengajar mahasiswa tahun pertama dengan guru SMU kelas III harus menyajikan materi dengan

cara yang berbeda. Akibatnya Dosen TPB fisika tahun pertama harus memahami dan mampu meningkatkan kemampuan pemahaman mahasiswanya sesuai dengan tahap perkembangan intelektualnya.

Salah satu karakteristik kognitif seseorang adalah struktur kognitif. Struktur kognitif dapat ditinjau dari dua aspek, yaitu sebagai sistem dan sebagai gaya. Dari kedua aspek tersebut struktur kognitif minimal terdiri atas lima aspek, yaitu : Konseptual verbal, konseptual penalaran, gaya rasional, gaya empiris, dan gaya metaforis. Kelima aspek tersebut masing-masing memiliki indikator atau deskriptor. Indikator-indikator tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Indikator konseptual verbal adalah : Pengetahuan arti kata, pemahaman konsep formal, dan bilangan.
- b. Indikator konseptual penalaran adalah : induktif, deduktif, dan pengelompokan logis.
- c. Indikator gaya rasional adalah : kompleksitas, kategorisasi, diferensiasi, dan analisis abstrak.
- d. Indikator gaya empiris adalah : hubungan konkrit dan bertahap.
- e. Indikator gaya metaforis adalah : pemilahan dan integrasi.

Seperti dijelaskan diatas, intelektual seseorang akan berkembang sesuai dengan perkembangan usia orang tersebut. Hal ini berarti pula bahwa struktur kognitif yang mempengaruhi kognitif seseorang juga akan tumbuh dan berkembang sesuai dengan perkembangan usia orang tersebut. Dengan merujuk pada indikator-indikator tersebut diatas, kita akan mampu menentukan tahap perkembangan struktur kognitif seseorang. Pada akhirnya kita akan mampu memahami tingkat intelektual orang tersebut. Dan karena kemampuan memahami seseorang sangat berkaitan erat dengan tingkat intelektualnya, maka dengan sendirinya kita akan mampu memahami kemampuan pemahaman seseorang yang apabila masih rendah kita akan dapat meningkatkan kemampuan pemahaman tersebut melalui penelitian berbasis kelas yang dapat dirancang beberapa siklus tergantung keperluannya.

## **6. CARA PENELITIAN**

Untuk membantu menyelesaikan masalah-masalah tersebut diatas, kami akan mengadakan penelitian tindakan berbasis kelas sebagai berikut :

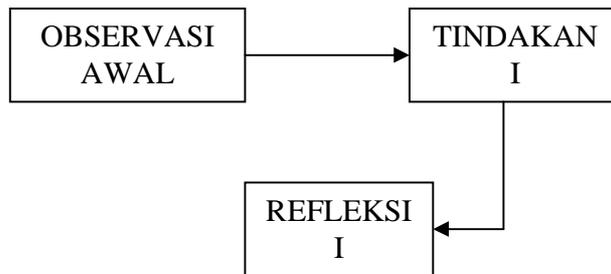
- a. Untuk menghilangkan kesan perkuliahan Fisika dasar terutama materi kinematika dan dinamika partikel merupakan materi fisika yang sangat rumit dan abstrak sehingga *mahasiswa kurang senang* dengan materi tersebut. Padahal kinematika dan dinamika partikel merupakan materi wajib yang harus difahami oleh mahasiswa MIPA, karena sangat diperlukan untuk memahami matakuliah-matakuliah lanjutan seperti Mekanika, Fisika Kuantum, Fisika Moderen, Termodinamika, dan lain-lain. Oleh karena itu supaya pemahamannya lebih mudah akan diupayakan *berbagai pendekatan dengan penelitian berbasis kelas yang dibantu dengan menggunakan alat peraga*. Sehingga diperoleh tindakan yang cocok untuk mengatasi persoalan tersebut.

- b. Untuk meningkatkan kemampuan membaca dan menafsirkan grafik, seperti konsep kecepatan, percepatan, gaya gesek, lintasan gerak benda, gerak dalam bidang datar, dan lain-lain, agar mahasiswa tahu bahwa dari sebuah grafik kita dapat menggali banyak konsep, dalam penelitian ini akan dicobakan berbagai pendekatan sesuai dengan karakteristik penelitian tindakan berbasis kelas dalam beberapa siklus untuk melatih kemampuan mahasiswa memahami konsep-konsep kinematika dan dinamika partikel melalui grafik yang dibantu dengan alat-alat peraga seperti set ticker timer, alat atwood, kereta dinamika, dan lain-lain.
- c. Untuk menghilangkan *Kecenderungan miskonsepsi* pada pokok bahasan kinematika dan dinamika partikel, Misalnya dalam membedakan konsep laju rata-rata dengan kecepatan rata-rata, laju sesaat dan kecepatan sesaat, konsep aksi-reaksi, pemahaman hukum Newton I dan II, percepatan sentripetal dan sentrifugal, gaya fiktif dan gaya coriolis, dan lain-lain, dalam penelitian ini akan dicoba berbagai pendekatan sesuai hasil observasi, sehingga tindakan-tindakan apa yang harus diberikan untuk tidak terjadinya miskonsepsi. Demikian seterusnya sesuai dengan karakteristik penelitian berbasis kelas.
- d. Untuk mengatasi lemahnya *kemampuan interpretasi persamaan-persamaan matematik yang merepresentasikan hubungan antar berbagai besaran dalam kinematika dan dinamika partikel*, akan dicarikan tindakan-tindakan yang tepat untuk mengatasinya. Karena penafsiran matematis murni tanpa memperhatikan pengertian fisisnya akan mengakibatkan *salah konsep*. Dan ini berakibat pada kemampuan menyelesaikan persoalan-persoalan yang diberikan pada saat ujian sangat rendah.
- e. Untuk meningkatkan *kemampuan membaca data yang sangat lemah*, mahasiswa akan dilatih melalui tindakan-tindakan yang cocok, sehingga kemampuannya meningkat.
- f. Untuk mengatasi *Kelemahan dalam kemampuan mengkaitkan satu konsep dengan konsep yang lainnya*, mahasiswa akan dicarikan tindakan yang cocok dalam penelitian ini.
- g. *Masalah peta konsep* dalam memahami sub pokok bahasan kinematika dan dinamika partikel juga sangat penting untuk diperhatikan, karena ini merupakan muaranya hasil belajar kinematika dan dinamika partikel. Dalam penelitian ini mahasiswa setelah mendapatkan berbagai pendekatan melalui tindakan-tindakan pada setiap siklus akan dilatih membuat peta konsep melalui tindakan-tindakan yang cocok.

## 7. PELAKSANAAN PENELITIAN

Penelitian ini dirancang dalam dua siklus seperti pada diagram berikut ini :

### SIKLUS I



### SIKLUS II

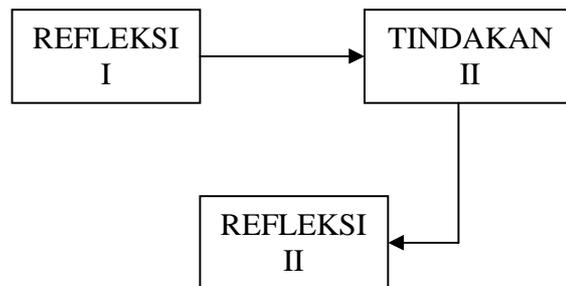


Diagram di atas dapat disejelaskan sebagai berikut :

### SIKLUS I

Sebelum peneliti memaparkan pelaksanaan penelitian pada siklus I, peneliti akan membicarakan hasil observasi awal terhadap keadaan awal mahasiswa yang diikutsertakan dalam penelitian ini, yang dijadikan sebagai dasar untuk merancang tindakan pada siklus I.

Observasi awal menggunakan tes uraian yang terdiri dari 30 pertanyaan yang bertujuan untuk *mengungkap pengetahuan dasar kinematika dan dinamika partikel berdasarkan Garis Besar Program Pengajaran (GBPP) Fisika SMU* ( Tes awal terlampir). Hasil observasi pada tes awal adalah sebagai berikut :

1. Semua mahasiswa tidak memahami batasan benda yang dibicarakan sebagai sistem . Pada kinematika dan dinamika partikel semua benda dianggap sebagai partikel . Namun pada keadaan bagaimana suatu benda dapat diperlakukan sebagai partikel, hampir semua mahasiswa tidak dapat menjawab pertanyaan tentang *istilah partikel* (100 %).
2. Penguasaan istilah – istilah penting dalam kinematika masih sangat lemah, hal ini dapat dilihat dari persentase mahasiswa yang tidak dapat menjawab pertanyaan :

- beda jarak dan perpindahan (64%), beda laju dan kecepatan (64%), beda percepatan sesaat dan percepatan rata-rata (80%), pengertian gerak lurus beraturan (29%), pengertian gerak lurus berubah beraturan (36%), pengertian gerak melingkar beraturan(36%), pengertian gerak parabola (36%), dan pengertian gerak relatif (78%).*
3. Hukum Newton tentang gerak merupakan hukum dasar untuk memahami dinamika partikel. Namun penguasaan mahasiswa tentang pengertian fisis yang terkandung pada hukum Newton tentang gerak sangat lemah. Yang tidak dapat menjelaskan *pengertian yang terkandung pada hukum I,II dan III (56%)*.
  4. Pemahaman terhadap konsep gaya sangat lemah. Mahasiswa yang tidak dapat menjawab pertanyaan tentang pengertian *gaya gravitasi, gaya normal, gaya gesekan, gaya pegas, gaya sentripetal, gaya sentrifugal, dan gaya coriolis adalah 95 %*.
  5. Yang tidak dapat menjelaskan tentang *batas keberlakuan Hukum Newton (87%)*.
  6. Yang tidak dapat menjawab pertanyaan tentang *keterkaitan konsep kecepatan dan percepatan (91%), konsep laju dan kecepatan (67%), konsep jarak dan perpindahan (53%), konsep laju sesaat dan laju rata-rata (75%), dan hukum Newton I dan Hukum Newton II (93 %)*
  7. Yang tidak dapat menjawab pertanyaan *interpretasi grafik v-t, s-t, dan a-t adalah 96%*.
  8. Yang tidak dapat menjelaskan *konsep gerak dengan percepatan tetap 53%*.
  9. Yang tidak dapat menjawab penerapan Hukum Newton I dan II adalah 96%.
  10. Yang masih mengalami miskonsepsi dalam Hukum Newton III tentang konsep aksi-reaksi adalah 67 %.

Sehingga ***rata-rata penguasaan konsep dasar kinematika dan dinamika partikel menurut GBPP SMU mahasiswa Fisika yang diikutsertakan dalam penelitian ini hanya 32,7 % ( Lampiran I: data awal )***.

Berdasarkan hasil observasi atau refleksi pada data awal penelitian ini, maka untuk siklus I dirancang tindakan sebagai berikut :

### **Pembelajaran Kinematika Partikel**

- Media Pembelajaran :
  - Transparansi yang berupa gambar-gambar yang berhubungan dengan materi kinematika yang diambil dari buku Giancoli dan Tipler (bukti terlampir).
  - Alat peraga untuk demonstrasi, yaitu : *Free Fall Experimen Apparatus, Stroboscope, Air Table Dynamics, Linear Air Track dan Alat Sentripetal.*
- Metoda dan Pendekatan : *Ceramah, diskusi dan demonstrasi*

- Urutan materinya dirancang sebagai berikut :
  - Perkuliahan dimulai dengan menjelaskan *batasan kinematika dan partikel*, selanjutnya berdiskusi *mengidentifikasi* macam-macam benda dan keadaannya sehingga dapat dianggap sebagai partikel.
  - Selanjutnya membicarakan *gerak satu dimensi* dengan alat peraga **Linear Air track** dan **Air Table Dynamics** (*demonstrasi dilakukan oleh Dosen*), dan selanjutnya mendiskusikan pengertian : *kelajuan, perpindahan, kecepatan, kecepatan rata-rata sebagai garis lurus yang menghubungkan titik ( X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>) dan ( X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>), Kecepatan sesaat sebagai garis yang menyinggung kurva X terhadap t, percepatan rata-rata, percepatan sesaat, gerak dengan percepatan konstan, dan konsep integrasi untuk menghitung perpindahan dalam selang waktu tertentu pada grafik v-t.* Setiap konsep yang didiskusikan selalu disertai dengan *contoh masalah sederhana* yang harus dikerjakan oleh mahasiswa.
  - Setelah semua materi diatas selesai dibicarakan, mahasiswa diharuskan *membuat ringkasan dan membuat peta hubungan antar konsep.*
  - Diakhir pembicaraan *gerak satu dimensi* disampaikan *tinjauan ulang* yang isinya mengingatkan mahasiswa bahwa setelah menyelesaikan pokok bahasan ini mereka harus sudah mempunyai kemampuan sebagai berikut : *Mampu mendefinisikan perpindahan ,kecepatan, dan percepatan; mampu membedakan kecepatan dan kelajuan; mampu menghitung kecepatan sesaat dari sebuah grafik posisi terhadap waktu; mampu menyatakan persamaan-persamaan penting yang menghubungkan perpindahan, kecepatan, percepatan, dan waktu yang berlaku bila percepatan konstan, dan menggunakan persamaan tersebut untuk mengerjakan soal; dan mampu menghitung perpindahan partikel dari kurva v terhadap t dan perubahan kecepatan partikel dari kurva a terhadap t dengan mendapatkan luas dibawah kurva yang tepat . Untuk mengevaluasi diri masing-masing mereka diberikan soal-soal yang mengukur kemampuan diatas.*
  - Selanjutnya membicarakan *gerak dalam dua dan tiga dimensi* yang dimulai dengan membicarakan pengertian *vector dan skalar, vector perpindahan dan penjumlahan vector, penjumlahan vector berdasarkan komponen, vector satuan dan perkalian vector dengan skalar, vector kecepatan rata-rata dan sesaat, vector percepatan, dan selanjutnya membicarakan gerak proyektil yang dibantu dengan alat peraga **Free Fall Experiment Apparatus, Air Table Dynamics** dan **Stroboscope** ,dan gerak melingkar yang dibantu dengan alat peraga **Alat Sentripetal** dengan pendekatan diskusi .*

- Selanjutnya setelah selesai membicarakan konsep gerak dua dimensi mahasiswa diharuskan membuat *ringkasan materi* dan *hubungan antar konsepnya*.
- Diakhir perkuliahan mahasiswa diberi *tinjauan ulang* dan *soal-soal sebagai evaluasi diri* terhadap materi gerak dua dan tiga dimensi disertai contoh-contoh masalah untuk didiskusikan. Tinjauan ulangnya yaitu setelah mereka menyelesaikan topik ini mereka harus : *Dapat menjumlahkan dan mengurangkan vector secara grafik, dapat memperoleh komponen-komponen vector dan menggunakannya untuk menjumlahkan dan mengurangkan vector, dapat menyatakan sembarang vector dalam satuan, dapat menggabungkan kecepatan relatif untuk menyatakan kecepatan partikel relatif terhadap sistem koordinat yang juga bergerak relatif terhadap sistem koordinat lain, memahami bahwa dalam gerak proyektil gerakan horizontal dan vertical saling bebas dan dapat menggunakan fakta ini untuk mengerjakan soal-soal gerak proyektil, memahami bahwa jika sebuah partikel bergerak dalam sebuah lingkaran dengan kelajuan konstan partikel mempunyai percepatan sentripetal yang berarah ke pusat lingkaran .*

### **Pembelajaran Dinamika Partikel**

- Media Pembelajaran :
  - Transparansi yang berupa gambar-gambar yang berhubungan dengan materi Dinamika yang diambil dari buku Giancoli dan Tipler (bukti terlampir).
  - Alat peraga untuk demonstrasi, yaitu : *Air Table Dynamics, Linear Air Track, Alat Sentripetal dan Experiment Apparatus of Hook's Law.*
- Metoda dan Pendekatan : *Ceramah, diskusi dan demonstrasi*
- Urutan materinya dirancang sebagai berikut :
  - Perkuliahan dimulai dengan membicarakan hukum pertama Newton tentang sifat alamiah benda ( hukum kelembaman) dengan pendekatan ***diskusi dan demonstrasi dengan Linear Air Track Dynamics dan Air Table Dynamics (demonstrasi dilakukan oleh dosen).***
  - Selanjutnya dengan alat ***Linear Air Track Dynamics*** dilakukan demonstrasi ( oleh dosen) untuk mendiskusikan konsep *gaya, massa* (pengkuantitatifan konsep kelembaman pada hukum pertama atau sifat resistansi terhadap percepatan) dan hukum kedua Newton dan diteruskan dengan mendiskusikan hukum ketiga Newton ( hukum interaksi atau hukum aksi reaksi).
  - Selanjutnya mendiskusikan macam-macam gaya : *gaya gravitasi, gaya elektromagnetik, gaya nuklir kuat, gaya nuklir lemah, gaya kontak, gaya*

pegas ( dengan bantuan alat peraga : *Experiment Apparatus of Hook's Law* ), gaya pemulih, gaya normal dan gaya gesekan.

- Selanjutnya memberikan *prosedur pemecahan masalah* dengan hukum-hukum Newton sebagai berikut :
  1. *Gambarlah diagram gaya yang proporsional ( maksudnya memenuhi aturan penggambaran vector).*
  2. *Isolasi benda ( partikel) yang ditanyakan, dan gambarlah diagram benda bebas, dengan menunjukkan tiap gaya eksternal pada benda yang ditanyakan dalam soal itu, gambarlah diagram benda bebas terpisah untuk masing-masing benda .*
  3. *Pilihlah sistem koordinat yang sesuai untuk tiap benda, dan terapkan hukum kedua Newton dalam bentuk komponen.*
  4. *Pecahkan persamaan yang dihasilkan untuk besaran yang tak diketahui dengan menggunakan informasi tambahan apa pun yang dapat diperoleh. Besaran yang tak diketahui dapat termasuk massa, komponen percepatan, atau komponen beberapa gaya.*
  5. *Akhirnya periksalah hasil anda secara teliti, cocokkan untuk melihat apakah mereka cocok dengan perkiraan yang masuk akal . Yang terutama berharga adalah penentuan dugaan pemecahan anda jika variable-variabel diberi nilai-nilai yang ekstrim. Dengan cara ini anda dapat mencari kesalahan pada pekerjaan anda.*

Kemudian mahasiswa *dilatih untuk membiasakan diri* dengan prosedur ini.

- Selanjutnya mendiskusikan konsep *gaya sentripetal* dengan bantuan alat peraga *Alat Sentripetal*, kerangka acuan inersial dan non-inersial, gaya – gaya pseudo atau gaya-gaya fiktif dalam kerangka acuan non-inersial, gaya sentrifugal, dan gaya coriolis. Penekanan lebih banyak pada contoh-contoh peristiwa alam untuk menunjukkan kehadiran gaya-gaya fiktif dengan lebih banyak membawa mahasiswa pada kegiatan *diskusi dan identifikasi* .
- Selanjutnya setelah selesai membicarakan materi hukum Newton, mahasiswa diharuskan membuat *ringkasan materi* dan *hubungan antar konsepnya*.
- Diakhir perkuliahan mahasiswa diberi *tinjauan ulang* dan *soal-soal sebagai evaluasi diri* terhadap materi hukum Newton tentang gerak. Tinjauan ulangnya yaitu setelah selesai mempelajari materi ini mahasiswa harus : *mampu membahas definisi gaya dan massa dan menyatakan hukum-hukum Newton tentang gerak, mampu mendefinisikan kerangka acuan inersia dan non-inersia, mampu membedakan antara massa dan berat, mampu membedakan antara pasangan gaya aksi reaksi yang*

*bekerja pada benda yang berbeda dan gaya-gaya saling mengimbangi yang bekerja pada benda yang sama, mampu menerapkan hukum-hukum Newton dengan cara yang sistematis untuk memecahkan soal-soal mekanika, mengetahui bahwa gaya gesekan static maksimum dan gaya gesekan kinetik sebanding dengan gaya normal antara permukaan yang terlibat, mampu menerapkan hukum-hukum Newton pada soal-soal yang menyangkut gaya gesekan, mampu menerapkan hukum-hukum Newton pada soal-soal yang menyangkut dua benda atau lebih, mampu membahas secara kualitatif gerakan dengan gaya hambat yang bergantung pada kecepatan, dan mampu membahas secara kualitatif penggunaan hukum Newton dalam kerangka acuan yang dipercepat dengan menggunakan gaya pseudo.*

- **Observasi atau Refleksi I**

- 4 % mahasiswa belum memahami batasan partikel.
- 38 % belum memahami keterkaitan antara konsep kecepatan dan percepatan dan konsep kelajuan dengan percepatan.
- 31 % belum dapat menentukan perpindahan pada grafik v-t dalam selang waktu tertentu.
- 64 % belum memahami konsep vector posisi dan menentukan kecepatan dan percepatan dari posisi partikel yang dinyatakan dalam vector posisi setiap saat.
- 56 % belum memahami mengapa benda dapat menempuh lintasan gerak parabola.
- 27 % belum dapat menghitung tinggi maksimum dan jarak lempar terjauh pada gerak parabola bila kecepatan benda pada posisi tertentu diketahui.
- 60 % tidak dapat membedakan gerak melingkar dengan laju tetap dan laju berubah.
- 45 % tidak dapat menentukan vector kecepatan dan percepatan pada gerak melingkar dengan laju konstan.
- 13 % tidak dapat menjelaskan hukum-hukum Newton tentang gerak dan keterkaitannya .
- 16 % tidak dapat menjelaskan hukum Newton pada kerangka acuan inersial dan non-inersial.
- 13 % tidak dapat menentukan pasangan gaya aksi reaksi pada suatu sistem.
- 55 % belum dapat menggunakan hukum-hukum Newton pada persoalan sederhana.
- 35 % tidak dapat menggambarkan diagram gaya bebas pada suatu benda.
- 76 % tidak dapat membuat persamaan hukum Newton untuk suatu benda yang sedang bergerak melingkar.
- 85 % tidak dapat menentukan resultan gaya yang berperan sebagai gaya sentripetal pada suatu sistem yang bergerak melingkar.
- 85 % tidak dapat menentukan laju putaran atau frekuensi putaran untuk sistem yang bergerak melingkar.

## SIKLUS II

Berdasarkan hasil observasi atau refleksi pada siklus I, maka dirancang tindakan pada siklus II sebagai berikut :

### Pembelajaran Kinematika Partikel

- Media Pembelajaran :
  - Transparansi yang berupa gambar-gambar yang berhubungan dengan materi kinematika yang diambil dari buku Giancoli dan Tipler (bukti terlampir).
  - Alat peraga untuk demonstrasi, yaitu : *Free Fall Experiment Apparatus, Stroboscope, Air Table Dynamics, Linear Air Track dan Alat Sentripetal.*
- Metoda dan Pendekatan : *Ceramah, diskusi, demonstrasi dan kulponsi*
- Urutan materinya dirancang sebagai berikut :
  - Pertama membicarakan gerak satu dimensi dengan alat peraga **Linear Air track dan Air Table Dynamics (disini demonstrasi dilakukan oleh Mahasiswa berkelompok)**, dan selanjutnya mendiskusikan pengertian : *kelajuan, perpindahan, kecepatan, kecepatan rata-rata sebagai garis lurus yang menghubungkan titik ( $X_1, Y_1$ ) dan ( $X_2, Y_2$ ), Kecepatan sesaat sebagai garis yang menyinggung kurva  $X$  terhadap  $t$ , percepatan rata-rata, percepatan sesaat, gerak dengan percepatan konstan, dan konsep integrasi untuk menghitung perpindahan dalam selang waktu tertentu pada grafik  $v-t$ . **Tindakan II lebih ditekankan pada pemecahan masalah, dimana mahasiswa diberi beberapa prolem untuk didiskusikan secara kelompok** (problem set sudah dirancang dengan urutan pertanyaan yang bersifat menggali pemahaman konsep sehingga dengan memecahkan problem set tersebut mahasiswa mempunyai kesempatan yang untuk mendalami konsep). **Bentuk Set problemnya terlampir (lampiran IX).***
  - Setelah semua materi diatas selesai dibicarakan, mahasiswa diharuskan membuat ringkasan dan membuat peta hubungan antar konsep.
  - Diakhir pembicaraan gerak satu dimensi disampaikan tinjauan ulang untuk mengevaluasi diri masing-masing seperti pada tindakan I.
  - Selanjutnya membicarakan gerak dalam dua dan tiga dimensi terutama membicarakan gerak proyektil yang dibantu dengan alat peraga **Free Fall Experiment Apparatus, Air Table Dynamics dan Stroboscope**, dan gerak melingkar yang dibantu dengan alat peraga **Alat Sentripetal** dengan pendekatan diskusi (*Disini mahasiswa mencoba alat secara berkelompok*). **Diakhir perkuliahan mahasiswa diberi set problem untuk didiskusikan di kelas** (problem set sudah dirancang dengan urutan pertanyaan yang bersifat menggali pemahaman konsep sehingga dengan memecahkan problem set tersebut mahasiswa mempunyai kesempatan yang untuk mendalami konsep). **Bentuk Set problemnya terlampir (lampiran IX).**

- Selanjutnya setelah selesai membicarakan konsep gerak dua dimensi mahasiswa diharuskan membuat *ringkasan materi* dan *hubungan antar konsepnya*.
- Diakhir perkuliahan mahasiswa diberi *tinjauan ulang* dan *soal-soal sebagai evaluasi diri* terhadap materi gerak dua dan tiga dimensi disertai contoh masalah untuk didiskusikan seperti pada siklus I.

### **Pembelajaran Dinamika Partikel**

- Media Pembelajaran :
  - Transparansi yang berupa gambar-gambar yang berhubungan dengan materi Dinamika yang diambil dari buku Giancoli dan Tipler (bukti terlampir).
  - Alat peraga untuk demonstrasi, yaitu : *Air Table Dynamics, Linear Air Track, Alat Sentripetal dan Experiment Apparatus of Hook's Law*.
- Metoda dan Pendekatan : *Ceramah, diskusi, demonstrasi dan kulponasi*.
- Urutan materinya dirancang sebagai berikut :
  - Untuk mendalami hukum pertama Newton tentang sifat alamiah benda ( hukum kelembaman) dengan pendekatan ***diskusi dan demonstrasi dengan Linear Air Track Dynamics dan Air Table Dynamics***.
  - Selanjutnya dengan mahasiswa mencoba alat ***Linear Air Track Dynamics bergantian*** secara berkelompok , yang dilanjutkan dengan diskusi konsep *gaya, massa* (pengkuantitatifan konsep kelembaman pada hukum pertama), hukum kedua Newton dan mendiskusikan hukum ketiga Newton ( hukum interaksi atau hukum aksi reaksi).
  - Selanjutnya mendiskusikan kembali macam-macam gaya : gaya gravitasi, gaya elektromagnetik, gaya nuklir kuat, gaya nuklir lemah, gaya kontak, gaya pegas ( dengan bantuan alat peraga : ***Experiment Apparatus of Hook's Law*** ), gaya pemulih, gaya normal dan gaya gesekan. Diskusi lebih ditekankan pada identifikasi contoh-contoh gaya tersebut.
  - Selanjutnya melatih secara intensif *prosedur pemecahan masalah* dengan hukum-hukum Newton (mahasiswa diberi set problem untuk latihan ini ) sebagai berikut :
    1. *Gambarlah diagram gaya yang proporsional ( maksudnya memenuhi aturan penggambaran vector).*
    2. *Isolasi benda ( partikel) yang ditanyakan, dan gambarlah diagram benda bebas, dengan menunjukkan tiap gaya eksternal pada benda yang ditanyakan dalam soal itu,*

- gambarlah diagram benda bebas terpisah untuk masing-masing benda .*
3. *Pilihlah sistem koordinat yang sesuai untuk tiap benda, dan terapkan hukum kedua Newton dalam bentuk komponen.*
  4. *Pecahkan persamaan yang dihasilkan untuk besaran yang tak diketahui dengan menggunakan informasi tambahan apa pun yang dapat diperoleh. Besaran yang tak diketahui dapat termasuk massa, komponen percepatan, atau komponen beberapa gaya.*
  5. *Akhirnya periksalah hasil anda secara teliti, cocokkan untuk melihat apakah mereka cocok dengan perkiraan yang masuk akal . Yang terutama berharga adalah penentuan dugaan pemecahan anda jika variable-variabel diberi nilai-nilai yang ekstrim. Dengan cara ini anda dapat mencari kesalahan pada pekerjaan anda.*

Perbedaannya dengan pada tindakan siklus I adalah ***mahasiswa dibimbing secara berkelompok*** untuk berlatih dengan prosedur ini dengan ***menggunakan Set Problem (lampiran IX)***.

- Selanjutnya mendiskusikan konsep *gaya sentripetal* dengan bantuan alat peraga ***Alat Sentripetal***, kerangka acuan inersial dan non-inersial, gaya – gaya pseudo atau gaya-gaya fiktif dalam kerangka acuan non-inersial, gaya sentrifugal, dan gaya coriolis. Penekanan lebih banyak pada contoh-contoh peristiwa alam untuk menunjukkan kehadiran gaya-gaya fiktif dengan lebih banyak membawa mahasiswa pada kegiatan diskusi dan identifikasi .
- Selanjutnya setelah selesai membicarakan materi hukum Newton, mahasiswa diharuskan membuat *ringkasan materi* dan *hubungan antar konsepnya*.
- Diakhir perkuliahan mahasiswa diberi *tinjauan ulang* dan *soal-soal sebagai evaluasi diri* terhadap materi hukum Newton tentang gerak. Tinjauan ulangnya sama seperti pada tindakan siklus I.

- **Observasi atau Refleksi II**

Setelah diberi tindakan yang kedua ternyata kesalahan-kesalahan mahasiswa sudah mulai berkurang, hal ini dapat dilihat pada hasil refleksi berikut ini :

- **Observasi atau Refleksi**

- Hanya tinggal 13 % mahasiswa yang belum memahami batasan partikel. (***Mengalami penurunan sebesar 9% dibanding dengan pada siklus I***; mungkin disebabkan karena pada siklus II tidak diberi tekanan lagi tentang masalah ini, sehingga penurunan bukan karena tindakan tetapi lebih kepada aspek waktu atau aspek keadaan mahasiswa yang tidak setabil)

- Hanya tinggal 20 % yang belum memahami keterkaitan antara konsep kecepatan dan percepatan dan konsep kelajuan dengan percepatan (*mengalami kenaikan 18%*).
- Hanya tinggal 11 % yang belum dapat menentukan perpindahan pada grafik v-t dalam selang waktu tertentu. (*mengalami kenaikan 20%*).
- Hanya tinggal 13 % yang belum memahami konsep vector posisi dan menentukan kecepatan dan percepatan dari posisi partikel yang dinyatakan dalam vector posisi setiap saat. (*mengalami kenaikan 51%*).
- Hanya tinggal 18 % yang belum memahami mengapa benda dapat menempuh lintasan gerak parabola. (*mengalami kenaikan 38%*).
- Hanya tinggal 18 % yang belum dapat menghitung tinggi maksimum dan jarak lempar terjauh pada gerak parabola bila kecepatan benda pada posisi tertentu diketahui. (*mengalami kenaikan 9%*).
- Hanya tinggal 25 % yang tidak dapat membedakan gerak melingkar dengan laju tetap dan laju berubah. (*mengalami kenaikan 35%*).
- Hanya tinggal 16 % yang tidak dapat menentukan vector kecepatan dan percepatan pada gerak melingkar dengan laju konstan. (*mengalami kenaikan 29%*).
- Hanya tinggal 15 % yang tidak dapat menjelaskan hukum-hukum Newton tentang gerak dan keterkaitannya . (*mengalami kenaikan 2%*).
- Hanya tinggal 15 % yang tidak dapat menjelaskan hukum Newton pada kerangka acuan inersial dan non-inersial. (*mengalami penurunan 1%*).
- Hanya tinggal 13 % yang tidak dapat menentukan pasangan gaya aksi reaksi pada suatu sistem. (*tetap*).
- Hanya tinggal 27 % yang belum dapat menggunakan hukum-hukum Newton pada persoalan sederhana. (*mengalami kenaikan 28%*).
- Hanya tinggal 16 % yang tidak dapat menggambarkan diagram gaya bebas pada suatu benda. (*mengalami kenaikan 19%*).
- Hanya tinggal 22 % yang tidak dapat membuat persamaan hukum Newton untuk suatu benda yang sedang bergerak melingkar. (*mengalami kenaikan 54%*).
- Hanya tinggal 25 % yang tidak dapat menentukan resultan gaya yang berperan sebagai gaya sentripetal pada suatu sistem yang bergerak melingkar. (*mengalami kenaikan 60%*).
- Hanya tinggal 24 % yang tidak dapat menentukan laju putaran atau frekuensi putaran untuk sistem yang bergerak melingkar. (*mengalami kenaikan 61%*).

Berdasarkan hasil dari refleksi Siklus I dan II di atas maka peningkatan kemampuan mahasiswa dalam menjawab soal dengan betul dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**PERBANDINGAN KEMAMPUAN MAHASISWA MENJAWAB  
DENGAN BETUL PADA SIKLUS I DAN II**

ASPEK	No. 1				No. 2				No. 3				No. 4				RATA-RATA
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
% Betul pada Siklus I	96	62	69	36	44	73	40	55	87	84	87	45	65	24	15	15	56.06
% Betul pada Siklus II	87	80	89	87	82	82	75	84	85	85	87	73	84	78	75	76	81.81

Berdasarkan tabel di atas tampak bahwa ada kenaikan secara signifikan, namun masih ada beberapa materi dan konsep yang masih dikategorikan perlu diberi tindakan yang lebih intensif yaitu : mengenai keterkaitan antara konsep kecepatan - percepatan dan konsep kelajuan dengan percepatan, membedakan gerak melingkar dengan laju tetap dan laju berubah, menggunakan hukum-hukum Newton pada persoalan sederhana, membuat persamaan hukum Newton untuk suatu benda yang sedang bergerak melingkar, menentukan resultan gaya yang berperan sebagai gaya sentripetal pada suatu sistem yang bergerak melingkar, menentukan laju putaran atau frekuensi putaran untuk sistem yang bergerak melingkar.

## **10. KESIMPULAN**

Hasil penelitian yang diperoleh adalah : Observasi awal menunjukkan bahwa 72,63% mahasiswa mengalami kesulitan dalam pemahaman materi Kinematika dan dinamika partikel. Tindakan I yang dilakukan meliputi penyusunan Pembelajaran Kinematika Partikel dan Dinamika Partikel, juga disiapkan media pembelajaran berupa Transparansi dan Alat peraga untuk demonstrasi, metoda dan pendekatan serta uraian materi yang dirancang sesuai dengan SAP yang telah direvisi. Tingkat kemampuan rata-rata dari hasil refleksi I menunjukkan bahwa 65,06 % mahasiswa mampu menjawab soal dengan betul. Tindakan II dilakukan penekanan pada pemakaian alat demonstrasi secara berkelompok dan pemberian problem set yang tampak cukup efektif. Hal ini dapat dilihat dari perolehan hasil refleksi II yaitu 81,81 % mahasiswa mampu menjawab soal dengan benar.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. D. Hopkins, *A Teacher Guide to Classroom Research*, 2<sup>nd</sup> ed, Open University Press, Philadelphia, 1992.
2. M. Johnston, *Action Research in a School or University Partnership*, AERA, Chicago, IL in 1997.
3. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan (1990), *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*, Bandung, P2TK IKIP Bandung.