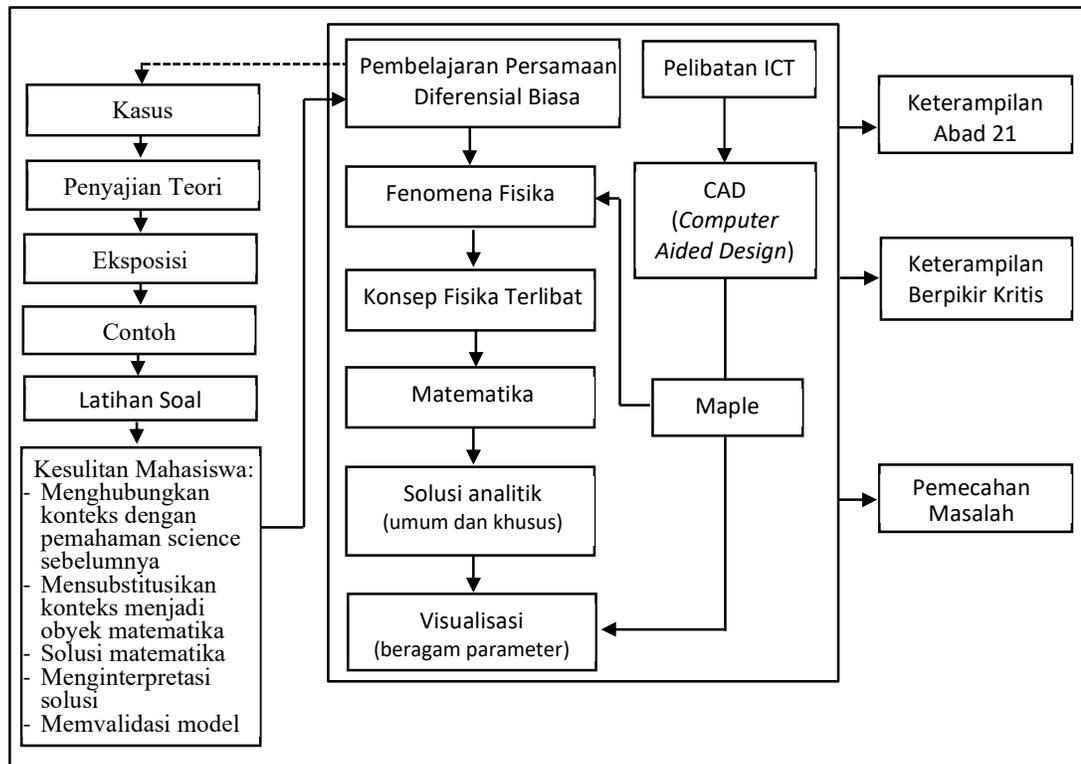


## BAB III METODE PENELITIAN

Bab III menguraikan paradigma penelitian yang menjadi acuan dalam melakukan penelitian dan secara rinci diuraikan juga teknis dari pengumpulan data untuk menjawab pertanyaan penelitian. Bab ini menjelaskan tentang desain penelitian yang digunakan, subyek penelitian yang terlibat, prosedur pelaksanaan penelitian, dan analisis data. Pada bagian prosedur pelaksanaan penelitian diuraikan dengan detail mengenai tahap pendahuluan, tahap desain, tahap pengembangan, tahap ujicoba, tahap pengambilan data, dan tahap analisis data.

### A. Paradigma penelitian

Kerangka pikir dalam penelitian ini digambarkan dalam Bagan 3.1.



Gambar 3.1. Kerangka Pikir Penelitian

Gambar 3.1 memberi gambaran bahwa mahasiswa seyogyanya memahami persamaan diferensial sebagai bagian dari kegiatan ilmiah untuk mencapai konsep sains yang baru. Pembelajaran persamaan diferensial biasa yang dilakukan seringkali tidak mempunyai relevansi yang kuat terhadap kehidupan yang dialami mahasiswa. Kegiatan tersebut dilakukan dengan *brainstorming*, teori, diskusi kelompok, presentasi, evaluasi dan penguatan. Namun, pembelajaran tidak memperhatikan konteks dan hanya fokus pada pengetahuan dan keterampilan prosedural saja. Mereka masih terbatas pada mengembangkan metode matematika untuk memecahkan persoalan fisika berdasarkan teori. Permasalahan yang diangkat tidak kontekstual, dan permasalahan hanya sebatas konsep yang prosedural dan matematis. Mahasiswa belajar konsep matematika tidak dengan fenomena yang riil bahkan hanya dengan menghafalkan rumus-rumus, prinsip-prinsip, atau aturan matematika. Kuliah fisika matematika lebih banyak berisi kalkulus dan lebih menekankan pada keterampilan menyelesaikan persoalan secara prosedural daripada berlatih berpikir kritis, aksiomatis, logis, dan *problem solving*. Pendekatan teoretik yang diasumsikan sebagai langkah pembentukan model matematika, jarang dimasukkan bahkan tidak ada jejak menggunakan pendekatan gejala alam (fenomena fisis).

Persamaan diferensial biasa melibatkan konsep yang abstrak sehingga membutuhkan pemahaman matematika yang mendalam. Persamaan tersebut seringkali berkaitan dengan masalah fisik yang kompleks sehingga menyebabkan beragam bentuknya dan memerlukan pendekatan yang berbeda dalam penyelesaian. Hal ini bisa dipastikan bahwa mereka yang belajar dengan cara ini tidak akan sukses menghasilkan pemahaman yang baik, dan tidak membawa manfaat dalam menghadapi kondisi baru. Dampak yang diakibatkan adalah mahasiswa sering kesulitan dalam memahami konsep ini dan mengembangkan intuisi tentang masalah tersebut. Hal ini dapat menghambat kemampuan mereka untuk memecahkan persamaan diferensial yang terkait dengan masalah fisik.

Matematika merupakan *tools* yang digunakan untuk mengekspresikan dan memecahkan masalah dalam berbagai bidang termasuk fenomena fisika (sains). Pemahaman matematika dalam konsep sains baru akan membantu menghasilkan model yang lebih baik. Pemahaman matematika sering digunakan untuk membantu

menemukan hubungan antar sains dan membuka jalan bagi penemuan baru melalui pembuatan visualisasi, penganalisisan data, dan pemecahan masalah fenomena fisika. Disamping itu, pembelajaran Fisika Matematika di abad 21 memperhitungkan kebutuhan dan menuntun mahasiswa (generasi millennial) memahami konsep yang terkandung dalam fenomena fisika.

Di abad 21 (era *millenium*) sebagian besar mahasiswa terbiasa dengan teknologi dan media digital, sehingga penggunaan teknologi informasi (ICT) dan media pembelajaran dapat membuat lebih menarik dan membantu memahami konsep dengan lebih baik. Pembelajaran harus memperhatikan gaya belajar individu dengan menyediakan alternatif model belajar, dan memfokuskan pada aplikasi konsep dalam dunia nyata, seperti memecahkan masalah yang ada di sekitar lingkungan. Keberadaan teknologi informasi mampu memberikan pemahaman tentang bagaimana konsep persamaan diferensial biasa berkontribusi pada pengembangan konsep lain. Dengan demikian, pembelajaran fisika matematika di era abad 21 harus menekankan pada pemahaman konsep yang kuat dan penerapannya dalam dunia nyata, serta memfokuskan pada pembentukan keterampilan dan kualitas yang dibutuhkan oleh mahasiswa.

Pembelajaran lebih menekankan penggunaan pendekatan berbasis masalah yang memfokuskan pada pembentukan keterampilan berpikir kritis, *problem solving*, kolaborasi, dan komunikasi. Pembelajaran tersebut membantu mahasiswa memahami konsep dan mempraktikkan aplikasi dalam situasi nyata. Pembelajaran fisika matematika seyogyanya membantu generasi millennial (mahasiswa) mempersiapkan diri untuk menghadapi tantangan masa depan dan menemukan peluang karier. Penelitian para ahli fisika menunjukkan bahwa mereka sering menggunakan metode matematika untuk memecahkan masalah fisika (fenomena alam).

Padahal pemodelan fenomena fisika membutuhkan aktivitas berpikir yang berorientasi pada ilmu matematika. Model matematika adalah model ideal dalam bentuk hipotetikal fenomena (gejala alam) fisika sebagai bentuk ekspresi matematika. Kerangka berpikir matematika diperlukan untuk memetakan kearah mana proses berpikir yang dialami mahasiswa dalam menyelesaikan masalah fisika. Kerangka berpikir matematika (persamaan diferensial biasa / PDB) mengandung banyak makna yang kompleks, dan fenomena fisika banyak dinyatakan menggunakan konsep-konsep

ini. Metode matematika diterapkan untuk membangun model matematis dari suatu fenomena fisika. Problem yang sering muncul dalam persamaan diferensial biasa adalah kesulitan dalam menerjemahkan persamaan matematika. Umumnya, mahasiswa memahami matematika sebagai alat menghitung, bukan memahami sebagai bagian dari berpikir fisika. Problem itu terlihat setelah mereka menemukan suatu persamaan. Jawaban soal yang digunakan untuk menguji kemampuan mahasiswa asal *plug and play* dari yang sudah ada dan lebih parahnya dilakukan dengan menghitung.

Berpikir fisika matematika sebenarnya adalah membuat suatu model kerangka berpikir matematika dalam fisika yang memperhitungkan hubungan sebab akibat dari suatu proses, artinya mematematikakan fenomena fisis. Ada bagian-bagian fisika yang memang cukup bagus dan menarik untuk membuat model kerangka berpikir matematika. Fenomena fisika akan berbeda jika mengajar fisika dianalisis dari definisi. Ini hanya akan membuat hafal tentang definisi tetapi tidak memahami konsep yang dikembangkan. Beragamnya kerangka berpikir matematik mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan fisika, perlu dilakukan kajian mendalam untuk mengeksplorasi secara otentik. Disamping itu, belum ada yang melakukan pembelajaran pada materi persamaan diferensial biasa menggunakan fenomena fisika yang riil dengan bantuan teknologi komputer. Pembelajaran persamaan diferensial biasa berbasis masalah dengan bantuan komputer yang dilandasi masalah kontekstual penting dilakukan. Karena itu, dikembangkan model persamaan diferensial biasa berbasis masalah dengan dukungan komputer (PDB2MCAD).

Pengembangan model PDB2MCAD diarahkan pada peningkatan keterampilan berpikir kritis dalam penyelesaian permasalahan gejala fisika (fenomena fisika). Model PDB2MCAD memberi kesempatan pada mahasiswa untuk memahami fenomena fisika, memilih alternatif prinsip fisika, menggunakannya lebih spesifik dalam membangun model matematika, menyelesaikan perhitungan matematis, mengkomunikasikan temuan, dan mengevaluasi hasil yang diperoleh. Pembelajaran dilakukan dengan menerapkan konsep kedalam permasalahan kontekstual dan penggunaan teknologi komputer sebagai aspek sentral dari praktik pembelajaran fisika. Program komputer digunakan untuk menjelaskan bentuk produk atau bagian dari produk yang digambarkan dengan diwakili oleh garis maupun simbol yang

memiliki makna tertentu. Penggunaan PDB2MCAD diharapkan membantu mahasiswa dalam mengatasi permasalahan dan memudahkan mahasiswa memahami interaksi matematika dan fisika melalui fenomena.

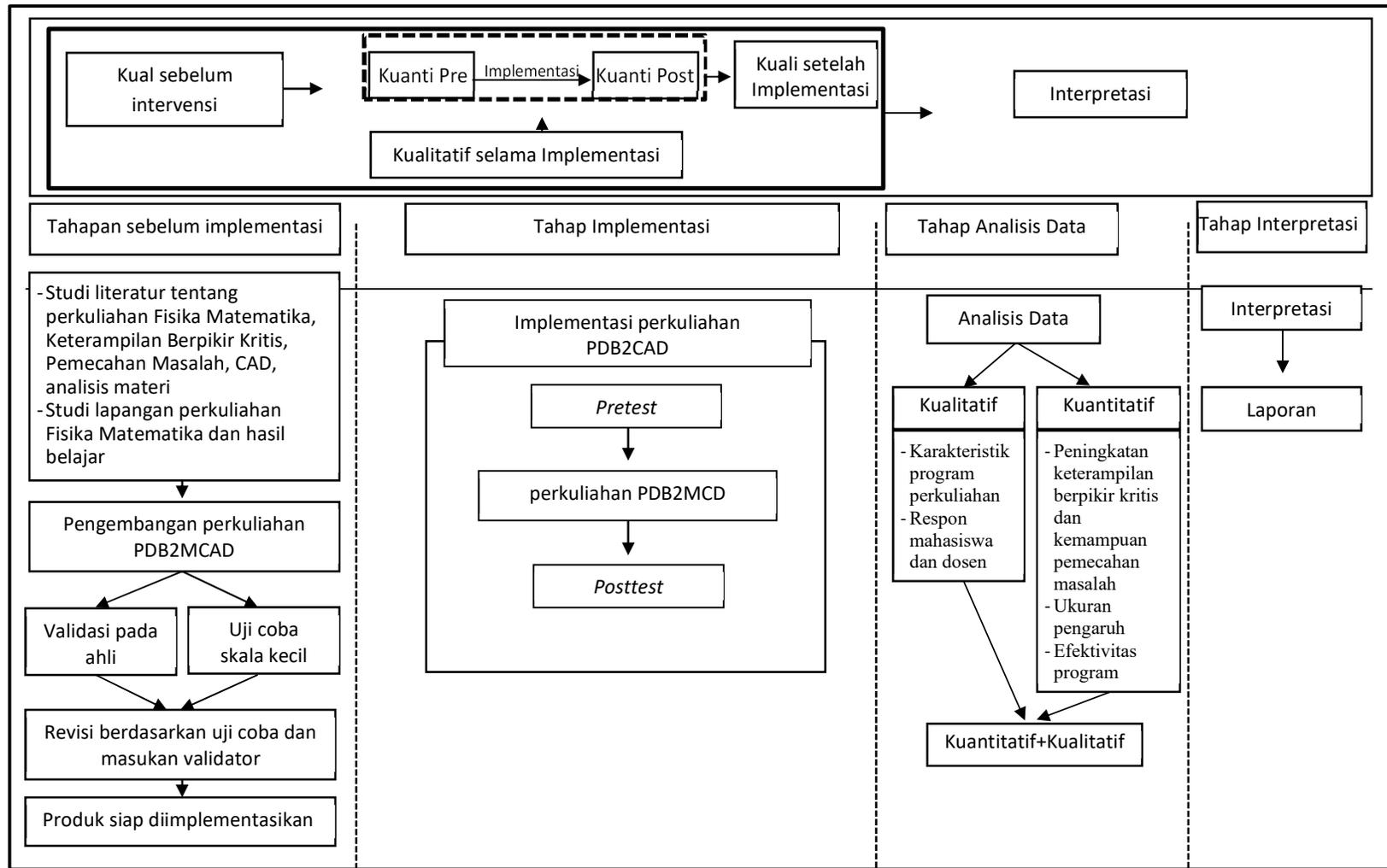
Disinilah letak kemampuan adaptif pembelajaran model PDB2MCAD terhadap kemajuan zaman. Model pembelajaran yang membelajarkan model matematika kedalam pola pikir mahasiswa mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kemampuan pemecahan masalah, dan mampu menyiapkan kebutuhan mahasiswa di masa yang akan datang. Hal ini merupakan bentuk pembaharuan pembelajaran dari yang sebelumnya belum pernah dilakukan. Pembelajaran yang mengintegrasikan fenomena fisika (sains) dan matematika untuk memotivasi, memunculkan keterampilan berpikir kritis, menambah pengetahuan baru, dan keterampilan memecahkan persoalan. Model perkuliahan yang mengimplementasikan *software* komputer Maple didesain sedemikian rupa sehingga ada proses inkuiri terhadap pemahaman konsep dalam proses menemukan solusi masalah. Pembelajaran persamaan diferensial biasa memfokuskan pada pendekatan yang interaktif, berbasis masalah berkaitan dengan dunia nyata, dan memperhitungkan kebutuhan dan minat mahasiswa. Ini akan memastikan bahwa mahasiswa memiliki pemahaman konsep yang kuat dan keterampilan berpikir kritis yang diperlukan untuk menghadapi permasalahan yang menjadi tantangan di masa depan.

## **B. Metode dan Desain Penelitian**

Rancangan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* yang melibatkan kegiatan uji coba lapangan, karena itu digunakan *embedded experimental model* (Creswell, 2017). Metode ini menggabungkan prosedur penelitian kualitatif dan kuantitatif dalam penelitian untuk menyelesaikan masalah. Data kuantitatif untuk mengukur pengaruh model pembelajaran persamaan diferensial biasa (PDB) berbasis masalah Didukung *Computer-Aided Design* (CAD) (PDB2MCAD) menggunakan bantuan *software* Maple terhadap kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah mahasiswa. Data kuantitatif dari hasil implementasi nantinya dianalisis dan disintesis untuk mengetahui efektivitas program. Data kualitatif digunakan untuk menggali informasi lebih dalam tentang bagaimana pembelajaran PDB2MCAD, menyelidiki

apakah mahasiswa telah memahami persamaan diferensial biasa dan menyelidiki jawaban mahasiswa.

Desain dan deskripsi kegiatan terdiri dari sebelum, selama, dan setelah implementasi program perkuliahan. Desain penelitian dapat dilihat dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Desain Penelitian

### C. Instrumen Penelitian

Data penelitian yang lengkap digunakan untuk keperluan analisis sesuai dengan pertanyaan penelitian. Guna mendapatkan data yang lengkap dan tajam maka digunakan instrumen penelitian antara lain:

1. Tes keterampilan berpikir kritis. Pada tes keterampilan berpikir kritis ini, framework yang digunakan acuan adalah menurut Ennis (1996) mencakup lima indikator. Indikator tersebut adalah memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*), Membangun keterampilan dasar (*basic support*), menyimpulkan (*interference*), memberikan penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*), dan mengatur strategi dan taktik (*strategy and tactics*). Indikator tersebut terintegrasi pada konsep persamaan diferensial biasa (PDB).
2. Tes kemampuan pemecahan masalah ini berkaitan dengan fisika matematika materi materi persamaan diferensial biasa (PDB) berbentuk uraian. Pada tes ini merujuk pada pada indikator menurut Docktor (2014), yaitu *Useful Description* (Penggunaan Deskripsi), *Physics Approach* (Pendekatan/Pengenalan Konsep), *Specific Application of Physics* (Penggunaan Konsep), *Mathematical Procedures* (Proses Matematis), dan *Logical Progression* (Urutan Logika). Indikator-indikator tersebut terintegrasi pada konsep persamaan diferensial biasa (PDB)
3. Lembar Validasi. Lembar ini untuk memperoleh penilaian ahli pembelajaran dan ahli materi persamaan diferensial biasa

Ringkasan pertanyaan penelitian dan kebutuhan data yang digunakan dalam penelitian ini diringkas sebagaimana Tabel 3.1 Tabel tersebut mendeskripsikan ringkasan sejumlah kemampuan yang dimaksudkan menjadi data penelitian, yaitu peningkatan keterampilan berpikir kritis, peningkatan kemampuan pemecahan masalah dan tanggapan mahasiswa dan dosen. Untuk mendapatkan data sebagaimana Tabel 3.1, maka dikembangkan perangkat pembelajaran dan alat analisis penelitian. Penelitian ini mengembangkan instrumen perangkat penelitian berupa tes tertulis kemampuan berpikir kritis (KBK) dan tes kemampuan pemecahan masalah (KPM),

daftar pertanyaan sikap, lembar validasi, *expert judgement*, LKM PDB2MCAD, pedoman observasi, dan tes tertutup.

Tabel 3.1. Jenis Data Dan Teknik Pengumpulan Data Penelitian

Pertanyaan penelitian	Data yang diperlukan	Teknik Pengumpulan Data	Instrumen Pengumpul Data	Sumber Data
1	Perangkat pembelajaran	Validasi	Lembar validasi	Validator
2	Peningkatan keterampilan berpikir kritis	Tes Tertulis	Tes KBK	Mahasiswa
3	Peningkatan kemampuan pemecahan masalah	Tes Tertulis	Tes KPM	Mahasiswa
4	Efektivitas model	Tes Tertulis	Tes KBK dan KPM	Mahasiswa

Instrumen yang dimaksud dirinci sebagaimana berikut.

#### 1. Tes keterampilan berpikir kritis

Tes ini berkaitan dengan tes perkuliahan fisika matematika materi persamaan diferensial biasa (PDB) berbentuk pilihan ganda. Instrument tes keterampilan berpikir kritis terdiri dari 12 soal pilihan ganda. Instrument selengkapnya dapat dilihat dalam Lampiran 3. Indikator keterampilan berpikir kritis yang dikembangkan merupakan keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (1996) dan dirinci secara lebih mendalam oleh Tawil & Liliyasi (2013) yang terintegrasi dengan karakter dan materi perkuliahan Fisika Matematika. Indikator beserta sub indikator yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagaimana Tabel 3.2.

Sebelum dilakukan uji coba, maka dilakukan pertimbangan dan penilaian butir soal oleh ahli dengan pertimbangan pakar menurut kriteria isi pembelajaran Fisika Matematika. Sebelum diimplementasikan dilapangan, maka dilakukan uji coba terbatas. Pada tahap uji coba ini, tes dilakukan terhadap soal keterampilan berpikir kritis untuk mengetahui reliabilitas dan validitas dari tes yang telah dibuat. Uji coba

instrumen butir soal dilakukan pada 42 mahasiswa yang ada di prodi pendidikan fisika salah satu universitas negeri di Bandung.

Tabel 3.2. Kisi-kisi Soal Keterampilan Berpikir Kritis

No	Indikator	Sub Indikator	Nomor soal
1	Memberikan penjelasan sederhana ( <i>elementary clarification</i> )	Mengajukan pertanyaan dan menjawab pertanyaan	3
		Memaknai grafik	5
		Menganalisis argumen	8
2	Membangun keterampilan dasar ( <i>basic support</i> )	Mempertimbangkan model persamaan diterima atau tidak	2
		Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi	7
3	Menyimpulkan ( <i>interference</i> ),	Membuat deduksi fenomena fisika	6
		Membuat induksi dari peristiwa fisis	12
4	Memberikan penjelasan lebih lanjut ( <i>advanced clarification</i> )	Mendefinisikan istilah	4
		Mengidentifikasi alasan tersembunyi	9
		Mengidentifikasi asumsi	11
5	Mengatur strategi dan taktik ( <i>strategy and tactics</i> ).	Melakukan interaksi dengan orang lain	1
		Memutuskan suatu strategi	10

Hasil ujicoba dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui reliabilitas dan validitas tiap butir soal. Daya beda digunakan untuk mengukur seberapa baik suatu item membedakan antara 25 % siswa kemampuan tertinggi dan 25 % siswa kemampuan terendah. Indeks ini didefinisikan sebagai perbedaan persentase siswa yang menjawab benar pada kuartil atas dan bawah (Ding & Beichner, 2009). Persamaan yang digunakan untuk menghitung daya beda.

$$D = (N_H - N_L)(N/4) \quad (1)$$

Keterangan:

$N_H$  : jumlah responden yang menjawab benar pada kuartil atas

$N_L$  : jumlah responden yang menjawab benar pada kuartil bawah

$N$  : total responden

Adapun uji validitas yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *Pearson Correlation* antara setiap skor soal dengan skor total yang dimiliki oleh siswa (Kaplan

& Saccuzo, 2005). Nilai hasil analisis butir soal uji keterampilan berpikir kritis (karakteristik soal) disajikan sebagaimana Tabel 3.3. Uji validitas menggunakan uji *Pearson Correlation* dan uji reliabilitas menggunakan *Cronbach's Alfa* dilakukan dengan *SPSS for Windows*. Hasil analisis butir soal uji keterampilan berpikir kritis (karakteristik soal) adalah sebagaimana Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Karakteristik Soal KBK

Nomor Soal	R ( <i>Pearson Correlation</i> )	Daya beda	Tingkat kesukaran
1	0,39**	0,62	0,74
2	0,37**	0,38	0,56
3	0,24**	0,24	0,68
4	0,51**	0,63	0,52
5	0,52**	0,57	0,68
6	0,43**	0,48	0,71
7	0,34**	0,32	0,73
8	0,47**	0,38	0,47
9	0,37**	0,26	0,64
10	0,43**	0,41	0,76
11	0,42**	0,27	0,56
12	0,04	0,43	0,14

Hasil analisis butir soal dalam tahap uji coba ini didasarkan pada skor hasil tes, sebagaimana yang diterapkan dalam penelitian Nieminen (Nieminen, et al., 2010). Nilai rata-rata tingkat kesukaran butir soal diperoleh sebesar 0,72 (sedang) dan rata-rata daya beda butir soal sebesar 0,41 (sangat baik) (Ding, 2019). Nilai tingkat kesukaran dikatakan baik apabila P antara 0,3 hingga 0,9 (Ding, 2019). Pada Tabel 3.3 diperoleh nilai rata-rata tingkat kesukaran soal adalah 0,72 sehingga soal keterampilan berpikir kritis memiliki tingkat kesukaran yang layak untuk digunakan. Sedangkan soal diluar rentang  $0,3 < P < 0,9$ , tetap dipertahankan untuk mengukur penguasaan konsep siswa pada indikator tersebut. Sedangkan untuk menentukan reliabilitas menggunakan rumus *Cronbach's Alfa* sebagai berikut (Guilford, 1986):

$$r_{11} = \left( \frac{n}{n-1} \right) \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n s_i^2}{s_t^2} \right) \quad (2)$$

Keterangan:

$r_{11}$  = reliabilitas yang dicari

$s_i^2$  = varians skor ke-i

$s_t^2$  = varians skor total

Sedangkan kategori yang digunakan sebagaimana dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Kriteria Reliabilitas Tes

Koefisien korelasi (r)	Kriteria
$0,80 < r_{11} \leq 1,00$	Sangat tinggi
$0,60 < r_{11} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_{11} \leq 0,60$	Cukup
$0,20 < r_{11} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 \leq r_{11} \leq 0,20$	Sangat rendah

Nilai rata-rata korelasi point biserial sebesar 0,42, serta hasil uji reliabilitas didapatkan koefisien *Cronbach's Alfa* sebesar 0,63 yang masuk dalam kriteria tinggi. Dengan demikian instrumen tes layak digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir kritis. Hasil analisis instrumen dapat dilihat dalam Lampiran 6.

## 2. Tes kemampuan pemecahan masalah

Tes pemecahan masalah diperuntukkan untuk mengetahui tingkat pemecahan masalah mahasiswa pada topik persamaan diferensial biasa. Tes dilakukan sebanyak 2 kali *pretest* dan *posttest* menggunakan tes yang sama yang terdiri atas 5 soal uraian. Instrumen dapat dilihat dalam Lampiran 4. Untuk mengetahui kemampuan pemecahan, penilaian berdasarkan rubrik yang dikembangkan oleh Docktor (2014). Rubrik kemampuan pemecahan masalah yang diadopsi disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Rubrik Kemampuan Pemecahan Masalah

Aspek	5	4	3	2	1	0
<i>Useful Description</i>	Deskripsi yang dijabarkan bermanfaat, lengkap dan sesuai	Deskripsi yang dijabarkan bermanfaat tetapi mengandung sedikit kesalahan	Beberapa bagian pada deskripsi tidak bermanfaat, terlewat atau mengandung kesalahan	Kebanyakan deskripsi tidak bermanfaat, terlewat atau mengandung kesalahan	Seluruh deskripsi tidak berguna dan mengandung kesalahan	Tidak mendeskripsikan masalah
<i>Physics Approach</i>	Pendekatan fisika sesuai dan lengkap	Pendekatan fisika mengandung sedikit kesalahan	Beberapa pendekatan atau konsep tidak sesuai atau mengandung kesalahan	Sebagian besar pendekatan tidak sesuai atau terlewat	Semua pendekatan atau konsep yang dipilih tidak sesuai	Tidak menggunakan pendekatan fisika

Tabel 3.5. Rubrik Kemampuan Pemecahan Masalah (Lanjutan)

Aspek	5	4	3	2	1	0
<i>Specific Application of Physics</i>	Persamaan yang digunakan sesuai dan lengkap	Persamaan mengandung sedikit kesalahan	Beberapa bagian persamaan terlewat atau mengandung kesalahan	Sebagian besar persamaan tidak sesuai atau mengandung kesalahan	Seluruh persamaan tidak sesuai atau mengandung kesalahan	Tidak menggunakan persamaan fisika
<i>Mathematical Procedures</i>	Prosedur matematis sesuai dan lengkap	Prosedur matematis sesuai tetapi mengandung sedikit kesalahan	Beberapa bagian prosedur matematis terlewat dan mengandung kesalahan	Kebanyakan prosedur matematis terlewat atau mengandung kesalahan	Semua prosedur matematis tidak sesuai atau mengandung kesalahan	Tidak melakukan perhitungan matematis
<i>Logical Progression</i>	Seluruh penyelesaian masalah jelas, terfokus dan logis	Penyelesaian jelas, terfokus dan mengandung sedikit kesalahan	Beberapa penyelesaian tidak jelas, tidak fokus dan tidak konsisten	Kebanyakan penyelesaian tidak jelas, tidak fokus dan tidak konsisten	Seluruh usaha tidak jelas, tidak fokus dan tidak konsisten	Tidak ada penulisan penyelesaian masalah

Skor yang diperoleh merepresentasikan skor kemampuan pemecahan masalah. Setelah diperoleh skor akhir, peneliti menentukan kriteria yang didapatkan mahasiswa. Perhitungan dilakukan dengan langkah yang sama sebagaimana soal uji validitas soal keterampilan berpikir kritis. Hasil uji validitas kemampuan pemecahan masalah disajikan Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Hasil Uji Validitas Soal Kemampuan Pemecahan Masalah

Nomor Soal	R (Pearson Correlation)
1	0,69**
2	0,83**
3	0,64**
4	0,61**
5	0,34

Nilai koefisien korelasi Pearson dalam tabel didapatkan sebesar 0,40 dengan taraf signifikansi 0,01. Hasil uji menunjukkan dalam bahwa 1 soal yang nilainya dibawah  $r_{hit}$ , artinya 1 soal (soal Nomor 5) dinyatakan tidak valid dan dibuang. Sedangkan hasil perhitungan analisis reliabilitas butir soal diperoleh nilai  $r_{hit}$  adalah 0,81. Analisis lengkap dapat dilihat dalam Lampiran 6. Berdasarkan hasil perhitungan

dapat disimpulkan bahwa instrument butir soal yang digunakan dalam penelitian mempunyai reliabilitas sangat tinggi karena koefisien reliabilitasnya diantara  $0,80 \leq r_{hit} \leq 1,00$ .

Butir soal kemampuan pemecahan masalah juga telah dikoreksi oleh 2 *rater* untuk mengetahui konsistensinya. Uji analisis dilakukan menggunakan *Cohen Cappa* fasilitas SPSS *for windows*. Hasilnya seperti dalam Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Hasil Uji Cohen Cappa

Nomor Soal	<i>Cohen Cappa</i>	Taraf signifikansi
1	0,47	0,00
2	0,53	0,00
3	0,68	0,00
4	0,42	0,00
5	0,25	0,00

Berdasarkan hasil analisis ini nilai *Cohen Cappa* diperoleh diperoleh kesimpulan bahwa ada kesepakatan yang signifikan antara 2 *rater*.

### 3. Format *Expert Judgement*

Instrumen soal tes diajukan validasi pada dosen ahli/validator sebelum digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir kritis dan kemampuan memecahkan masalah mahasiswa. Setelah instrument melalui tahap validasi ahli kemudian memperbaiki sesuai dengan saran dan masukan dari validator beserta tim promotor. Sesuai dengan pernyataan Ding *et al.* (2006) bahwa meminta pendapat ahli adalah salah satu metode standar penilaian validitas suatu tes.

Format ini digunakan untuk mendapatkan pertimbangan dan *judgement* dari para pakar mengenai validitas soal. Soal beserta jawaban divalidasi oleh 2 orang ahli untuk mendapat pertimbangan dan *judgement*. Hasil validasi dapat dilihat dalam Lampiran 7. Penilaian dosen ahli dianalisis menggunakan *Content Validity Ratio* (CVR) untuk mengetahui kevalidan isi tes yang dibuat dengan persamaan sebagai berikut.

$$CVR = \frac{ne - N/2}{N/2} \quad (3)$$

Keterangan:

N = Jumlah total ahli

ne = Jumlah ahli yang setuju

Nilai CVR disetujui untuk 2 orang ahli dengan 4 kategori adalah 1 (Wilson,2012). Hasil CVR untuk 12 butir soal tes kemampuan berpikir kritis, sebanyak 11 soal mempunyai nilai CVR sebesar 1, sedangkan 1 soal nilai CVR kurang dari 1, yaitu pada soal nomor 12. Dengan demikian, 1 soal dinyatakan tidak valid. Hasil analisis CVR disajikan dalam Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Hasil Uji CVR Soal Keterampilan Berpikir Kritis

Nomor Soal	Validator		CVR
	1	2	
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	0	0

Sedangkan, berdasarkan hasil uji CVR diketahui bahwa 4 butir soal tes kemampuan pemecahan masalah memiliki nilai CVR 1 yang berarti bahwa 4 butir soal tersebut dinyatakan valid, dan 1 soal dinyatakan tidak valid karena mempunyai nilai CVR kurang dari 1 (0). Hasil uji ini ditampilkan dalam Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Hasil Uji CVR Soal Kemampuan Pemecahan Masalah

Nomor Soal	1	2	CVR
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	0	1	0

#### 4. Lembar Observasi

Lembar observasi yang digunakan adalah lembar observasi terhadap aktivitas mahasiswa dan dosen. Observasi dilakukan oleh ahli pembelajaran dan mahasiswa. Observasi juga dilakukan terhadap produk perangkat yang dikembangkan. Pedoman ini dibuat untuk mengetahui keterlaksanaan dan implementasi program perkuliahan.

##### a. Angket Tertutup

Angket respon sikap mahasiswa dalam penelitian dimaksudkan untuk mengetahui tanggapan / sikap mahasiswa mengenai pembelajaran persamaan diferensial (PDB) yang dikembangkan, dan bagaimana tanggapan mahasiswa terhadap proses pelaksanaan program perkuliahan.

##### b. Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) berbasis *Computer Aided Design* (CAD)

Lembar kerja mahasiswa yang digunakan disesuaikan dengan aktivitas tahapan yang dilakukan oleh mahasiswa. LKM yang digunakan memastikan semua tahapan dimulai dari analisis fenomena fisis dalam tahap *Deskripsi Bermakna*. Mahasiswa menyusun informasi berdasarkan video tentang fenomena fisis sehari-hari yang disampaikan menjadi representasi yang benar dan bermanfaat bisa berupa diagram, grafik, sketsa atau tulisan. Tujuannya untuk mengidentifikasi variable, dan menuliskan pernyataan. Pada tahap ini mahasiswa dibantu menggunakan komputer dan simulasi menggunakan *software* Maple.

Simulasi digunakan untuk merekayasa bentuk asli dengan visualisasi guna mendeskripsikan fenomena fisis dalam bentuk gambar maupun grafik sehingga memudahkan dalam menyampaikan gagasan pada mahasiswa. Berikutnya adalah menggunakan konsep matematika yang sesuai dengan pertanyaan dalam menyelesaikan masalah fisika. Tujuannya untuk menjelaskan pertanyaan yang

diajukan. Kemudian, mengubah fenomena fisika kedalam bentuk model matematika (*Persamaan prinsip fisika*). Mahasiswa menghubungkan konsep matematika yang digunakan dengan masalah fisika menjadi langkah yang spesifik. Tujuannya untuk membuat perencanaan solusi dengan model matematika (bentuk umum). Baru mahasiswa menghitung secara matematis. Mencari solusi permasalahan dengan mengeksekusi rencana yang dibuat.

Pada tahap ini penggunaan komputer untuk mempermudah dan memperlancar aktifitas mahasiswa. Tujuannya untuk mendapatkan solusi khusus dengan menerapkan kondisi dan menginterpretasi solusi baik dalam bentuk grafik maupun analitik. Langkah terakhir adalah *kesimpulan Logis*. Evaluasi solusi yang diperoleh dengan melakukan proses menalar, fokus dalam menyelesaikan masalah dan bagaimana mahasiswa mengevaluasi solusi dalam memecahkan masalah. Penjelasan aspek instrumen yang digunakan dalam penelitian (kegiatan penelitian, data yang diperlukan, teknik analisis data, instrumen pengumpulan data, dan sumber data) diringkaskan dalam Tabel 3.10.

Tabel 3.10. Ringkasan Kegiatan dan Aspek Penelitian

Kegiatan	Instrumen pengumpul data	Sumber Data	Data yang diperlukan	Teknik analisis data
Studi Pendahuluan	Perangkat pembelajaran	Dosen	Silabus, capaian hasil belajar	Deskriptif
Validasi	Expert Judgment	Ahli	Pertimbangan	Deskriptif
Uji Coba Soal	KBK, dan KPM	Mahasiswa	Skor individu	Reliabilitas dan validitas soal
Uji Coba perangkat	- Kuesioner dosen dan mahasiswa	Mahasiswa dan dosen	- Hasil ujicoba - Masalah yang dihadapi	Deskriptif
Implementasi kegiatan	Tes tertulis KBK, dan KPM Pedoman wawancara	Mahasiswa dan dosen	Skor pretest dan posttest Wawancara	- uji normalitas - homogenitas - uji t, - <i>Effect size</i> (d) - Efektivitas - Kuantitatif, kualitatif, dan campuran
Umpan balik	Kuesioner	Mahasiswa	Respon	Deskriptif kualitatif

#### **D. Langkah-Langkah Penelitian**

Selanjutnya berdasarkan desain penelitian diuraikan prosedur dan tahap penelitian sebagai berikut:

a. Tahap sebelum implementasi

1) Studi literatur dan lapangan

Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi baik sumber buku, berita, maupun jurnal yang relevan dan terbaru. Kemudian menganalisis dan mensintesis sumber buku, jurnal penelitian, analisis fenomena fisika, keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan pemecahan masalah. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan gambaran dan gagasan yang berkaitan dengan cara keterampilan pemecahan masalah fisika matematika menggunakan *software* komputer. Pada penelitian pendahuluan juga dilakukan analisis kurikulum, analisis materi, silabus, program perkuliahan, prosedur pembelajaran, dan mengidentifikasi Capaian Pembelajaran (CP) fisika matematika.

Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh gambaran proses pelaksanaan perkuliahan. Studi lapangan dilakukan pada mahasiswa yang pernah mengikuti mata kuliah Fisika Matematika. Mahasiswa diberikan angket persepsi pelaksanaan perkuliahan Fisika Matematika yang selama ini dilaksanakan. Wawancara semi terstruktur dengan mahasiswa dan dosen untuk mengetahui secara umum proses perkuliahan yang dilakukan termasuk juga kendala yang dihadapi. Selain itu, dilakukan analisis terhadap permasalahan dalam pelaksanaan perkuliahan dan capaian hasil pembelajaran Fisika Matematika di Prodi Pendidikan Fisika jenjang S1. Studi pendahuluan terkait konsep-konsep yang menurut persepsi mahasiswa sulit dari pembelajaran Fisika Matematika, dan kesulitan pelaksanaan pembelajaran. Pada studi pendahuluan ini juga dilakukan analisis materi konsep persamaan diferensial yang akan diajarkan pada mahasiswa. Pada tahapan ini juga dilakukan analisis silabus kuliah dan capaian mahasiswa pada mata kuliah Fisika Matematika yang digunakan untuk mengembangkan PDB2MCAD.

2) Pengembangan perangkat perkuliahan PDB2MCAD dan instrumen pembelajaran

Langkah berikutnya yang dilakukan pada tahap ini meliputi membuat Garis Besar Program Pembelajaran (GBPP) yang memuat tujuan pembelajaran, strategi, dan aktivitas pembelajaran. Pada tahap ini dilakukan dengan mengembangkan tahapan

pembelajaran dengan mengadaptasi tahapan *Problem Based Learning* (PBL). *Computer Aided Design* (CAD) dimasukkan kedalam bagian dari tahapan pembelajaran PBL. Langkah selanjutnya adalah menggunakan garis-garis program besar pembelajaran sebagai panduan untuk menyusun rencana perkuliahan semester (RPS), dan program perkuliahan (RPP). Langkah berikutnya adalah mengamati fenomena fisika yang diselesaikan dengan persamaan diferensial biasa, membuat distribusi konsep, membuat instrumen soal yang terdiri dari instrumen soal keterampilan berpikir kritis dan instrument soal kemampuan pemecahan masalah. Disamping itu, dilakukan juga merancang Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) bagi mahasiswa, pedoman observasi dan angket. Instrumen penelitian divalidasi oleh ahli untuk mendapat *judgment*.

b. Tahap uji coba

Pada tahapan ini dilakukan untuk mengkaji permasalahan yang mungkin terjadi selama kegiatan model perkuliahan PDB2MCAD. Ujicoba dilakukan terhadap semua perangkat pembelajaran untuk merevisi hal-hal yang perlu diperbaiki agar didapatkan hasil yang baik.

c. Tahap implementasi

Pada tahap ini model perkuliahan PDB2MCAD, dan instrumen telah divalidasi dan siap diterapkan dalam pembelajaran di kelas. Langkah-langkah dalam tahap implementasi adalah sebagai berikut:

- 1) *Pretest*. Penelitian diawali dengan melakukan *pretest*. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa.
- 2) Implementasi. Langkah berikutnya adalah implementasi pembelajaran fisika matematika berbasis CAD. Saat pembelajaran juga dilakukan pengamatan dengan berbantuan lembar pengamatan, mendokumentasikan kegiatan baik berupa foto dan video sebagai data kualitatif untuk menggali informasi lebih mendalam selama proses selama intervensi. Selain itu, juga dilakukan penyebaran kuesioner dan melakukan wawancara untuk mengetahui tanggapan

mahasiswa yang dialami selama mengimplementasikan program perkuliahan. Selain itu, wawancara kepada mahasiswa dilakukan guna menyelidiki jawaban siswa dan mencari informasi apakah mahasiswa ada yang pernah memperoleh materi persamaan diferensial biasa sebelumnya.

- 3) Analisis data dan interpretasi. Tahap menganalisis data kuantitatif dan kualitatif yang keduanya saling mendukung. Analisis data terutama untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah, dan efektivitas program perkuliahan. Selanjutnya, dilakukan interpretasi data hasil analisis kuantitatif dan kualitatif serta pengambilan kesimpulan. Pada tahap ini akan diperoleh informasi tentang pelaksanaan program perkuliahan berbasis CAD, peningkatan keterampilan berpikir kritis, dan pemecahan masalah, tanggapan terhadap pelaksanaan intervensi perkuliahan.

## **2. Subyek penelitian**

Subyek penelitian dalam pelaksanaan ujicoba lapangan adalah 42 mahasiswa program studi pendidikan fisika salah satu perguruan tinggi negeri (PTN) di Kota Bandung Jawa Barat. Sedangkan untuk implementasi sebanyak 55 mahasiswa program studi pendidikan fisika salah satu perguruan tinggi negeri (PTN) di Kota Malang Jawa Timur.

## **E. Analisis Data**

Analisis data dilakukan dengan mengacu pada desain penelitian yang digunakan yaitu *mixed methods*. Interpretasinya dilakukan dengan menggabungkan hasil analisis data kuantitatif dan data kualitatif.

### **1. Analisis data kuantitatif**

- a. Analisis data peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah

Data kuantitatif dalam penelitian ini berupa skor keterampilan berpikir kritis (KBK) dan kemampuan pemecahan masalah (KPM). Data ini dianalisis menggunakan

uji statistik inferensial. Untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan menyelesaikan masalah dilakukan dengan menghitung besarnya skor gain yang ternormalisasi (N-gain). Berdasarkan skor tersebut maka dapat dihitung peningkatan keterampilan berpikir kritis mahasiswa dan pemecahan masalah yang dinyatakan menggunakan skor N-gain oleh Hake (1998) sebagai berikut.

$$\langle g \rangle = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{mid} - S_{pre}} \quad (3)$$

Keterangan:

- g : skor N-gain
- $S_{post}$  : Skor tes akhir
- $S_{pre}$  : Skor tes awal
- $S_{mid}$  : Skor maksimum ideal

Skor persentase N-gain yang diperoleh kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria pengelompokan menurut Tabel 3.11 (Hake, 1998).

Tabel 3.11. Kriteria Tingkat Persentase N-gain

Tingkat Prosentase N-gain	Kriteria
$\langle g \rangle \geq 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq \langle g \rangle < 0.70$	Sedang
$\langle g \rangle < 0,30$	Rendah

#### b. Uji Normalitas, dan Uji Homogentias

Untuk mengetahui gambaran mengenai kemampuan awal mahasiswa di kelompok eksperimen dan kontrol maka dilakukan uji statistik beda rerata skor pretest keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah. Untuk mengetahui bagaimana peningkatan kemampuan pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol maka dilakukan uji statistik beda rerata skor keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan pemecahan masalah. Uji Normalitas dan homogenitas dilakukan sebagai pra syarat untuk uji beda rerata.

### c. Uji Beda Dua Rerata (Uji-t)

Uji beda dua rerata digunakan untuk membandingkan mean dari dua sampel independen dan digunakan untuk menguji hipotesis. Rumusan hipotesis statistik dalam penelitian ini adalah:

#### 1) Keterampilan Berpikir Kritis:

- a)  $H_0 : \mu \leq \mu_0$ , tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis mahasiswa antara mahasiswa yang mendapat pembelajaran dengan PDB2MCAD dengan mahasiswa yang mendapat pembelajaran PDB tanpa CAD.
- b)  $H_1 : \mu > \mu_0$ , peningkatan keterampilan berpikir kritis yang dicapai mahasiswa yang mendapatkan pembelajaran PDB2MCAD lebih tinggi dibanding dengan mahasiswa yang mendapatkan pembelajaran PDB tanpa CAD.

#### 2) Kemampuan Pemecahan Masalah

- a)  $H_0 : \mu \leq \mu_0$ , tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam peningkatan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa antara mahasiswa yang mendapat pembelajaran dengan PDB2MCAD dengan mahasiswa yang mendapat pembelajaran PDB tanpa CAD.
- b)  $H_1 : \mu > \mu_0$ , Peningkatan kemampuan pemecahan masalah yang dicapai mahasiswa yang mendapatkan pembelajaran PDB2MCAD lebih tinggi dibanding dengan mahasiswa yang mendapatkan pembelajaran PDB tanpa CAD.

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini dilakukan dengan uji beda dua rerata menggunakan uji  $t$  jika data terdistribusi normal. Namun, uji non-parametrik (Mann Whitney) digunakan jika data tidak terdistribusi normal. Kriteria untuk menolak atau menerima  $H_0$  didasarkan atas nilai signifikansi  $t$ . Jika signifikansi  $t < \alpha$ , maka  $H_0$  ditolak, tetapi  $t > \alpha$ , maka  $H_0$  diterima. Dalam penelitian ini, dipilih taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Untuk melakukan pengujian statistik digunakan perangkat lunak SPSS for Windows.

d. Analisis data ukuran dampak perkuliahan PDB2MCAD terhadap keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah

Penentuan pengaruh dari program perlakuan atau intervensi yang dilakukan dapat dinyatakan melalui nilai *effect size* (d). Nilai ini untuk menyatakan kelayakan atau relevansi hasil temuan. *Effect size* (d) merujuk pada nilai yang mengukur seberapa besar hubungan kekuatan antara 2 variabel. Besarnya *effect size* (d) ditentukan dengan mengambil perbedaan dua nilai rata-rata dan kemudian membaginya terhadap rerata diviasi sebaran nilai kedua kelompok data. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Cohen *et al.*, 2003).

$$d = \frac{M_1 - M_2}{Sd_{pooled}} = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{Sd_1^2 + Sd_2^2}{2}}} \quad (4)$$

Keterangan:

- d : ukuran dampak
- M<sub>1</sub> : rerata skor mahasiswa pada kelompok eksperimen
- M<sub>2</sub> : rerata skor mahasiswa pada kelompok kontrol
- Sd<sub>pooled</sub> : rerata deviasi standar kedua kelompok
- Sd<sub>1</sub> : rerata deviasi standar skor kelompok eksperimen
- Sd<sub>2</sub> : rerata deviasi standar skor kelompok kontrol

Untuk menginterpretasi besarnya nilai *effect size* (d), maka nilai hasil perhitungan dikonfirmasi terhadap kriteria sebagaimana dalam Tabel 3.12 (Cohen *et al.*, 2003).

Tabel 3.12. Kategori Besarnya Nilai Effect Size (d)

<i>Effect Size</i>	Kriteria
$d < 0,20$	Lemah
$0,20 \leq d < 0,80$	Sedang
$d \geq 0,80$	Tinggi

## 2. Analisis data kualitatif

Data kualitatif yang diperoleh dari penelitian ini adalah berupa: 1) karakteristik model perkuliahan fisika matematika materi persamaan diferensial berbasis masalah didukung CAD (PDB2MCAD); 2) indikator keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah yang digunakan mahasiswa dalam

mengimplementasikan PDB2MCAD; dan 3) tanggapan mahasiswa terhadap proses pembelajaran. Analisis data kualitatif sebelum, selama, dan sesudah pembelajaran menggunakan analisis deskriptif interpretatif dan tanggapan dari pengajar Fisika Matematika.

### **3. Analisis gabungan**

Pendekatan analisis data penelitian yang menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif untuk menyelidiki suatu pertanyaan penelitian. Pendekatan ini berusaha untuk menggabungkan kelebihan dan kekuatan dari kedua metode tersebut untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif. Analisis data kuantitatif digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis data numerik secara sistematis, dan metode kualitatif untuk mengumpulkan dan menganalisis data deskriptif dan naratif. Kedua metode tersebut dapat digunakan secara serentak atau berurutan dalam suatu penelitian *mix methods*. Kedua jenis data baik kuantitatif maupun kualitatif dianalisis secara terpisah, kemudian mengintegrasikan kedua jenis data tersebut sehingga ditemukan kesamaan, perbedaan, dan hubungan antara temuan dari keduanya. Integrasi ini dilakukan dalam tahap analisis dan interpretasi.