

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Kemampuan Pemahaman Matematis

1. Pengertian Kemampuan Pemahaman Matematis

Kemampuan pemahaman matematis sangat penting dalam pembelajaran matematika. Pemahaman matematis menjadi dasar keterampilan peserta didik untuk mengerti suatu hal dengan lebih baik, berpikir masuk akal, memikirkan sesuatu secara teliti, dan menyelesaikan masalah yang lebih rumit. Menurut Sengkey, dkk., (2023, hlm. 71) kemampuan pemahaman matematis ialah sebuah keterampilan dalam menyerap dan menafsirkan suatu konsep matematika kemudian mengaitkannya terhadap berbagai konsep serta mampu menyatakan kembali kedalam bentuk matematis dan membuat algoritma penyelesaian masalah secara tepat, akurat dan efisien menggunakan bahasa sendiri kemudian diaplikasikan pada masalah sehari – hari. Peserta didik yang memiliki pemahaman matematis yaitu peserta didik bisa menjelaskan konsep matematika dengan tepat, singkat, dan jelas, tanpa membingungkan orang lain yang mendengarnya. Hal ini selaras dengan yang diungkapkan oleh Gumilar, dkk., (2023, hlm. 252) peserta didik dikatakan memiliki kemampuan pemahaman matematis yang baik jika peserta didik tersebut dapat menentukan cara menyelesaikan soal, melakukan perhitungan dasar, memakai simbol untuk menjelaskan konsep matematika, dan mengubah bentuk angka ke bentuk lainnya..

Kemampuan pemahaman matematis juga merupakan sebuah keterampilan memahami serta mengenal dan menyatakan ulang konsep kemudian diaplikasikan pada pembelajaran matematika dengan mudah dipahami sesuai kemampuan yang dimilikinya (Hadikusuma, 2023, hlm. 59). Selama ini peserta didik dalam belajar matematika lebih banyak menghafal atau menalar rumus dibanding memahami konsepnya. Akibatnya peserta didik ketika diberi soal yang berbeda dengan soal latihannya, mereka akan kebingungan bahkan tidak bisa memecahkan persoalan tersebut. Dapat dikatakan bahwa melalui kemampuan pemahaman matematis akan membantu peserta didik dalam menyelesaikan permasalahan yakni masalah

matematika dan aplikasi matematika dalam kehidupan sehari-harinya. Sebagaimana yang diungkapkan oleh Arifah, dkk., (2020, hlm. 271) pemahaman matematis juga merupakan landasan penting untuk menyelesaikan persoalan matematika maupun persoalan dalam kehidupan sehari-hari.

Kemampuan peserta didik dalam memahami suatu pemahaman matematis sangat menentukan proses dalam menyelesaikan persoalan matematika. Peserta didik dapat mencapai tujuan pembelajarannya apalagi dapat memahami konsep dengan baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan yang diungkapkan oleh Lase, (2020, hlm. 464) pemahaman matematis merupakan bagian paling penting dalam proses belajar dan memecahkan masalah, baik dalam belajar ataupun dalam kehidupan nyata, atau menghafal konsep-konsep yang ada, tetapi dalam pemahaman konsep peserta didik dituntut untuk menemukan, membangun, dan menggunakan konsep tersebut untuk memecahkan permasalahan yang ada. Menurut Rahmananda, dkk., (2024, hlm. 95) kemampuan pemahaman matematis merupakan kemampuan peserta didik dalam memahami dan menerapkan konsep dalam memecahkan masalah sehingga dapat diukur keberhasilan pembelajarannya.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan pemahaman matematis adalah keterampilan dasar peserta didik dalam memahami suatu pemahaman matematis serta mampu menyatakan bentuk matematis, memecahkan permasalahan dan mengaplikasikan pada masalah di kehidupan sehari-hari.

2. Indikator Kemampuan Pemahaman Matematis

Untuk mengukur kemampuan pemahaman matematis pada peserta didik dapat dilihat dari indikator kemampuan pemahaman matematis. Menurut Heruman (dalam Andhini, dkk., 2023, hlm. 884) yaitu:

- a. Menyatakan ulang sebuah konsep,
- b. Mengklasifikasikan objek menurut sifat-sifat tertentu,
- c. Memberikan contoh dan bukan contoh dari suatu konsep,
- d. Menyajikan konsep dalam berbagai bentuk representasi matematis,
- e. Mengembangkan syarat perlu dan syarat cukup dari suatu konsep,
- f. Menggunakan, memanfaatkan dan memilih prosedur atau operasi tertentu,

g. Mengaplikasikan konsep atau algoritma dalam pemecahan masalah.

Sedangkan, menurut Sopandi (2024, hlm. 750) mengungkapkan pemahaman matematis merupakan kemampuan peserta didik untuk:

- a. Menjelaskan konsep, yang berarti peserta didik dapat mengungkapkan kembali informasi yang telah diterima,
- b. Menerapkan konsep dalam berbagai situasi yang berbeda, dan
- c. Mengembangkan beberapa konsekuensi dari adanya konsep tersebut.

Selain itu, Permendikbud (dalam Mirna, dkk., 2023, hlm. 96) menyebutkan bahwa indikator dari kemampuan pemahaman matematis, diantaranya sebagai berikut:

- a. Menyebutkan kembali sebuah konsep,
- b. Mengelompokkan objek-objek atas dasar terpenuhi atau tidaknya persyaratan pembentuknya,
- c. Mengidentifikasi ciri-ciri konsep atau operasinya,
- d. Mengaplikasikan konsep dengan benar,
- e. Menentukan sesuatu apakah termasuk contoh atau bukan dari sebuah konsep,
- f. Membuat representasi matematis yang berbeda dari suatu konsep,
- g. Menyambungkan sebuah konsep dengan konsep lainnya, di dalam maupun di luar dari bidang matematika,
- h. Membuat persyaratan dari suatu konsep.

Berdasarkan dengan pemaparan diatas peneliti akan menggunakan indikator-indikator kemampuan pemahaman matematis dalam penelitian ini merujuk pada indikator yang dikembangkan oleh Heruman. Indikator tersebut telah banyak digunakan secara luas dalam studi-studi pendidikan untuk memahami sejauh mana penguasaan konsep dimiliki oleh peserta didik. Indikator tersebut sejalan dengan taksonomi kognitif Bloom yang telah direvisi oleh Anderson dan Krathwohl. Oleh karena itu, ketujuh indikator tersebut akan digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini untuk mengevaluasi pemahaman matematis peserta didik, yang tertera pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Indikator-Indikator Pemahaman Matematis

No.	Indikator
1.	Menyatakan ulang sebuah konsep: Peserta didik mampu mengungkapkan dan menjelaskan kembali sebuah konsep yang sudah diperolehnya, bukan sekedar menghafal tetapi memahami maknanya.
2.	Mengklasifikasikan objek menurut sifat – sifat nya: Peserta didik dapat mengelompokkan berdasarkan karakteristik dan ide yang mereka pahami
3.	Memberikan contoh dan bukan contoh dari suatu konsep yang dipelajari: Peserta didik mampu membedakan contoh yang sesuai dengan konsepnya, dan juga mampu memberikan penjelasan.
4.	Menyajikan konsep dalam berbagai bentuk representasi matematis: Peserta didik mampu menjelaskan konsep dalam kata-kata, simbol, gambar, tabel, grafik, dan sebagainya.
5.	Mengembangkan syarat perlu suatu konsep: Peserta didik harus mampu menentukan atau menguraikan hal-hal penting yang harus dipenuhi agar konsep tersebut bisa dikatakan benar.
6.	Menggunakan, memanfaatkan, dan memilih prosedur tertentu: Peserta didik mampu menyelesaikan masalah dalam matematika dengan menggunakan prosedur atau operasi tertentu yang sudah dipahaminya.
7.	Mengaplikasikan konsep atau algoritma pemecahan masalah: Peserta didik yang dapat mengaplikasikan dan menyelesaikan suatu permasalahan menggunakan konsep juga algoritma yang sudah dipahami.

B. Model *Project Based Learning* (PjBL)

1. Pengertian Model *Project Based Learning* (PjBL)

Project Based Learning (PjBL) atau pembelajaran berbasis proyek adalah pembelajaran yang melibatkan peserta didik untuk memperluas pemahaman juga keterampilan dengan membuat suatu proyek atau karya terkait materi

pembelajarannya. Ariyanto Andy, dkk., (2022, hlm. 113) menyatakan bahwa *Project Based Learning* (PjBL) adalah proses pembelajaran secara langsung melibatkan peserta didik untuk menghasilkan suatu proyek. Karena pembelajaran berbasis proyek menekankan peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam memecahkan masalah dan menghasilkan suatu proyek atau karya.

Project Based Learning (PjBL) dalam pembelajarannya akan membuat peserta didik mendapatkan pengalaman belajarnya sendiri. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan oleh Manullang, dkk., (2024, hlm. 173) menyatakan bahwa *Project based learning* (PjBL) dianggap sebagai pendekatan yang memberdayakan dan melibatkan peserta didik dalam kegiatan proyek yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, serta memberi mereka pengalaman langsung untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan berdasarkan pemahamannya.

Pembelajaran model ini juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk selalu berkreasi sesuai dengan pemahaman mereka sehingga dapat mengembangkan kemampuan pemecahan masalah. Sebagaimana yang diungkapkan oleh Nur (2022, hlm. 4) *Project Based Learning* (PjBL) merupakan model pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memecahkan masalah dengan mengembangkan pengetahuan yang telah diperoleh dengan menghasilkan suatu proyek.

Pendapat lain menyatakan bahwa model *Project Based Learning* (PjBL) merupakan model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*Student Centered*), dimana peserta didik mencari solusi secara mandiri, sedangkan pendidik sebagai fasilitator dan motivator dalam pembelajaran, sehingga menghasilkan produk sebagai hasil dari pembelajaran tersebut (Turohmah, dkk., 2024, hlm. 37).

Berdasarkan beberapa pendapat ahli diatas, dapat ditarik simpulan bahwa Model *Project Based Learning* (PjBL) adalah suatu model pembelajaran yang melibatkan aktivitas peserta didik secara langsung membuat proyek sebagai hasil karya mereka sendiri dari pemahaman matematisnya serta dari kegiatan pemecahan masalah kemudian mengkomunikasikannya secara lisan maupun tertulis.

2. Karakteristik Model *Project Based Learning* (PjBL)

Pembelajaran berbasis proyek dalam pelaksanaannya, memiliki beberapa karakteristik. Menurut Agustriana (2024, hlm. 37-38) karakteristik utama dari *Project Based Learning* (PjBL), diantaranya:

- a. Pendekatan yang menuntut peserta didik untuk menguasai konsep pembelajaran melalui pengalaman langsung,
- b. Menyelesaikan masalah yang diwujudkan dalam bentuk proyek nyata,
- c. Menekankan kemandirian peserta didik sebagai penentu arah pembelajaran mereka sendiri.

Sedangkan, menurut Azizah (2022, hlm. 543) mengungkapkan model *Project Based Learning* (PjBL) memiliki ciri-ciri, diantaranya:

- a. Peserta didik sebagai pusat dari proses pembelajaran, terlibat penelitian untuk jangka waktu yang panjang dari suatu topik masalah,
- b. Masalah tersebut terhubung atau berasal dari permasalahan nyata,
- c. Berkolaborasi dengan individu atau peserta didik lain, peserta didik sebagai pendamping atau penasihat selama mengerjakan proyek tersebut.

Selain itu, karakteristik model *Project Based Learning* (PjBL) yang diungkapkan oleh Rahman, dkk., (2024, hlm. 2391), yaitu:

- a. Proyek *Project Based Learning* (PjBL) mendorong peserta didik mempelajari konsep dan prinsip inti atau pokok dari mata pelajaran,
- b. Proyek melibatkan peserta didik pada penyelidikan konstruktivisme,
- c. *Project Based Learning* (PjBL) melibatkan tantangan-tantangan kehidupan nyata, berfokus pada pertanyaan atau masalah autentik.

Adapun enam karakteristik model *Project Based Learning* (PjBL) yang diungkapkan oleh Partini (dalam Dewi, 2022, hlm. 16), yaitu:

- a. Membuat pertanyaan dasar,
- b. Fokus pada tujuan pembelajaran,
- c. Aktif berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran,
- d. Adanya kolaborasi antar peserta didik,
- e. Penggunaan teknologi,
- f. Menciptakan artefak nyata.

Sebagaimana yang dijelaskan oleh *Global School Net* (dalam Yani, 2021, hlm. 11) karakteristik model *Project Based Learning* (PjBL), sebagai berikut:

- a. Siswa harus membuat penetapan untuk membuat rangkaian kerja,
- b. Siswa diberikan sebuah permasalahan atau tantangan,
- c. Siswa diminta untuk merencanakan prosedur untuk menyelesaikan masalah,
- d. Siswa diberikan tanggung jawab untuk bekerja sama dan mengatur informasi dalam memecahkan masalah,
- e. Pengujian dilakukan secara berkala,
- f. Semua pekerjaan yang telah dilakukan dinilai secara rutin, dan
- g. Siswa melakukan refleksi atas aktivitas yang sudah mereka lakukan secara berkala.

Dari beberapa penjelasan, dapat disimpulkan bahwa karakteristik model *Project Based Learning* (PjBL) yaitu pembelajaran yang menghasilkan berupa proyek sesuai dengan pemahamannya sendiri serta dalam pembelajarannya menumbuhkan sikap kemandirian, berpikir kritis, dan kreatif peserta didik karena memberikan pengalaman secara langsung dan nyata.

3. Langkah – langkah Model *Project Based Learning* (PjBL)

Adapun langkah-langkah dalam melaksanakan model *Project Based Learning* (PjBL) menurut Andy, dkk., (2022, hlm. 113), diantaranya:

- a. Refleksi, membawa peserta didik ke dalam sebuah masalah dan memberikan motivasi untuk menyelidiki dan menyelesaikan masalah tersebut,
- b. Penelitian, peserta didik melakukan penelitian, menggali informasi dari berbagai sumber yang relevan untuk menembangkan konseptual,
- c. Penemuan, peserta didik telah menemukan model yang sesuai untuk pelaksanaan sebuah proyek untuk merancang dan mendesain,
- d. Penerapan, peserta didik menerapkan model yang telah dirancang,
- e. Mengkomunikasikan, peserta didik memaparkan danmempresentasikan hasil yang mereka peroleh secara kolaboratif, menerima umpan balik yang berguna untuk perbaikan sebuah proyek yang lebih baik.

Sedangkan, menurut Nur (2022, hlm. 4) mengungkapkan langkah-langkah melaksanakan model *Project Based Learning* (PjBL), sebagai berikut:

- a. Pertanyaan mendasar,
- b. Mendesain perencanaan,
- c. Menyusun jadwal pembuatan,
- d. Memonitoring keaktifan dan perkembangan proyek,
- e. Menguji hasil,
- f. Evaluasi pengalaman belajar.

Sintaks *Project Based Learning* (PjBL) menurut Kemendikbud (dalam Rahman, dkk., 2024, hlm. 2393-2994) yaitu penentuan pertanyaan mendasar, menyusun perencanaan proyek, menyusun jadwal, memantau peserta didik dan kemajuan proyek, serta penilaian hasil evaluasi pengalaman.

Sementara itu, Wandini, dkk., (2025, hlm. 60) mengungkapkan *Project Based Learning* (PjBL), terdiri dari enam tahap utama:

- a. *Driving Question* – Memberikan tugas berbasis masalah nyata untuk mendorong aktivitas peserta didik.
- b. *Design a Plan* – Perencanaan proyek dilakukan secara kolaboratif antara pendidik dan peserta didik, mencakup aturan, aktivitas, serta alat dan bahan yang dibutuhkan.
- c. *Create a Schedule* – Menyusun jadwal penyelesaian proyek dengan pengelolaan waktu yang jelas, memungkinkan eksplorasi, tetapi tetap dalam tujuan proyek.
- d. *Monitor Progress* – Pendidik berperan sebagai mentor yang memantau, memfasilitasi, dan mengajarkan kerja kelompok.
- e. *Assess the Outcome* – Penilaian dilakukan untuk mengukur pencapaian standar, mengevaluasi kemajuan peserta didik, dan memberikan umpan balik melalui presentasi hasil proyek.
- f. *Evaluate the Experience* – Refleksi akhir oleh pendidik dan peserta didik, baik individu maupun kelompok, untuk mengungkapkan pengalaman selama proyek berlangsung.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti akan memakai langkah-langkah model *Project Based Learning* (PjBL) seperti yang disajikan melalui Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Langkah-langkah Model *Project Based Learning* (PjBL)

Langkah-langkah Kegiatan	Aktivitas Pendidik	Aktivitas Peserta Didik
Fase 1: Memberikan pertanyaan mendasar (<i>Driving Question</i>)	Pendidik memberikan pertanyaan guna memecahkan suatu permasalahan yang berkaitan dengan topik pembelajaran.	Mengamati lebih dalam pertanyaan yang muncul dari pembelajaran.
Fase 2: Menyusun perencanaan proyek (<i>Design a Plan</i>)	Pendidik menyiapkan pembuatan proyek yang akan dibuat.	Peserta didik berdiskusi untuk membuat proyek yaitu pembagian tugas, sumber, media dan alat bahan yang digunakan.
Fase 3: Menyusun jadwal proyek (<i>Create a Schedule</i>)	Pendidik menentukan durasi pembuatan proyek.	Peserta didik memperhatikan durasi yang telah disepakati dalam menyelesaikan proyek.
Fase 4: Memonitoring keaktifan dan perkembangan proyek peserta didik (<i>Monitor Progress</i>)	Pendidik membimbing dan memantau peserta didik selama melaksanakan proyek.	Peserta didik melakukan pembuatan proyek sesuai prosedur dan berdiskusi selama menyelesaikan proyek dengan waktu yang tersedia dan sesuai dengan target.
Fase 5: Menguji hasil kegiatan dan perkembangan proyek serta mengukur ketercapaian (<i>Assess the Outcome</i>)	Pendidik memantau kegiatan dan perkembangan proyek serta mengukur ketercapaian.	Peserta didik membuat laporan proyek karya masing-masing.
Fase 6: Evaluasi pengalaman belajar (<i>Evaluate the Experience</i>)	Pendidik membimbing peserta didik dalam memaparkan hasil diskusi dan proyeknya serta menanggapi dan merefleksi bersama dengan peserta didik.	Peserta didik mempresentasikan hasil diskusi dan proyeknya, lalu kelompok lain memberikan tanggapan dan menyimpulkan bersama.

4. Kelebihan Model *Project Based Learning* (PjBL)

Model pembelajaran dalam pelaksanaannya memiliki kelebihan dan kekurangan. Terdapat kelebihan dari model *Project Based Learning* (PjBL) menurut Andy, dkk., (2022, hlm. 108 - 109), sebagai berikut:

- a. Memberikan kebebasan kepada peserta didik untuk merencanakan aktivitas belajar,
- b. Mengerjakan proyek bersama dan membuat hasil yang bisa ditunjukkan kepada orang lain,
- c. Peserta didik lebih aktif dalam kegiatan belajar,
- d. Pendidik berperan sebagai fasilitator dan evaluator,
- e. Proses dan produk hasil kinerja peserta didik ditunjukkan dari hasil proyek yang dikerjakan peserta didik.

Kelebihan dari model *Project Based Learning* (PjBL) yang diungkapkan oleh Java, dkk., (2022, hlm. 17) yaitu:

- a. Mendorong peserta didik untuk membuka wawasan dalam memahami berbagai persoalan nyata dalam kehidupan,
- b. Memberikan pelatihan langsung kepada peserta didik dengan cara mengasah serta membiasakan mereka melakukan berpikir kritis dan mengimplementasikan dalam kesehariannya,
- c. Dibekali keterampilan sesuai perkembangan zaman, melalui latihan langsung dan penerapannya.

Sedangkan kelebihan *Project Based Learning* (PjBL) menurut Rusman (dalam Wandini, dkk., 2025, hlm. 61):

- a. Meningkatkan motivasi belajar dan penghargaan terhadap hasil karya peserta didik,
- b. Mengasah kemampuan pemecahan masalah secara aktif,
- c. Mendorong kolaborasi dalam kelompok,
- d. Mengembangkan keterampilan mengelola sumber daya dan waktu,
- e. Memberikan pengalaman pembelajaran yang relevan dengan dunia nyata,
- f. Membantu peserta didik mengambil informasi dan mengaplikasikannya secara praktis,
- g. Menciptakan suasana kelas yang lebih menyenangkan.

Dari beberapa penjelasan, peneliti menyimpulkan kelebihan *Project Based Learning* (PjBL) yaitu menuntut peserta didik untuk terlibat aktif dan kreatif, karena memberikan pengalaman belajar secara langsung dalam membuat proyek,

berkolaborasi antar peserta didik serta menumbuhkan pembelajaran yang menyenangkan.

5. Kekurangan Model *Project Based Learning* (PjBL)

Apabila memiliki kelebihan, maka sudah pasti model pembelajaran juga memiliki kekurangan menurut Astutik, dkk., (2023, hlm. 181), antara lain:

- a. Peserta didik yang terlalu aktif menyebabkan kondisi kelas kurang terkendali,
- b. Memberikan waktu untuk peserta didik yang telah dilakukan tetap tidak memberikan perubahan yang berarti.

Kekurangan dalam pengimplementasian model *Project Based Learning* (PjBL) turut memberikan dampak terhadap pencapaian tujuan pembelajaran. Salah satu kendala yang sering muncul adalah sulitnya mengontrol dinamika kelas, yang dapat menyebabkan terjadinya kebisingan atau gangguan selama proses pelaksanaan proyek. Selain itu, meskipun alokasi waktu telah dirancang secara proporsional, kenyataannya proses pelaksanaan pembelajaran dengan model ini tetap membutuhkan waktu yang lebih panjang untuk memperoleh hasil yang optimal (Hendrawati, dkk., 2024, hlm. 4).

Terdapat kekurangan dalam menerapkan model *Project Based Learning* (PjBL) yang diungkapkan oleh Arifianti, dkk., (2020, hlm. 2081), yaitu:

- a. Butuh waktu lama untuk menyelesaikan masalah yang rumit,
- b. Peserta didik yang kesulitan mencoba dan mencari informasi akan mengalami hambatan.
- c. Karena banyak alat yang dibutuhkan, disarankan pembelajaran dilakukan secara tim.
- d. Memerlukan banyak media dan sumber belajar.

Kekurangan model *Project Based Learning* (PjBL) yang dikemukakan oleh Romli, dkk., (2023, hlm. 258-259), yaitu:

- a. Pada tahapan presentasi masalah, peserta didik kesulitan menemukan masalah yang telah diamati.

- b. Peserta didik kesulitan menemukan produk yang akan dibuat, hasilnya pendidik harus berusaha sekuat tenaga untuk mendorong peserta didik menemukan produk tambahan.

Dari beberapa penjelasan, peneliti mengantisipasi kekurangan pada *Project Based Learning* (PjBL) seperti pendidik mempersiapkan modul ajar yang sesuai pembelajaran dari model *Project Based Learning* (PjBL), membuat aturan dan kesepakatan bersama peserta didik selama proses pembelajaran berlangsung, dan menyediakan *stopwatch* untuk mengantisipasi kelebihan waktu

C. Physics Education Technology (PhET) Simulations

1. Pengertian Physics Education Technology (PhET) Simulations

Physics Education Technology atau disingkat *PhET* adalah media pembelajaran hasil pengembangan *University of Colorado Boulder* yang menyediakan simulasi interaktif untuk membantu pengajaran dan pembelajaran dalam berbagai mata pelajaran, termasuk matematika. Media ini menyediakan berbagai simulasi gratis yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran di berbagai mata pelajaran, termasuk matematika. Melalui pendekatan visual dan interaktif, *PhET* bertujuan untuk mempermudah pemahaman konsep-konsep abstrak sehingga lebih mudah diakses dan dipahami oleh peserta didik (Listiyoningrum, dkk., 2024, hlm. 116). *PhET Simulations* dapat diakses secara online atau mengunduh secara gratis dari situs *PhET*. Situs *PhET* mirip dengan permainan beranimasi dan interaktif yang memungkinkan peserta didik untuk belajar melalui eksplorasi.

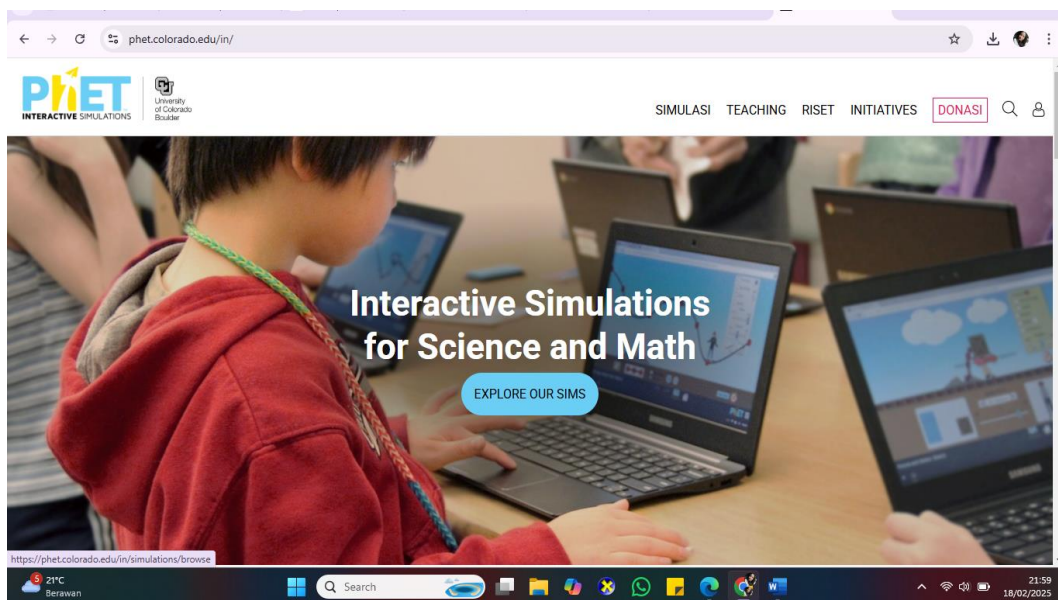
PhET Simulations dirancang guna membantu peserta didik mempelajari dan menjelajahi simulasi materi fisika, kimia, matematika, biologi dan bidang lain melalui eksplorasi. Menurut Sulistiawati, dkk., (2021, hlm. 142) *PhET Simulations* merupakan situs web yang dibuat untuk memungkinkan bereksplorasi dengan simulasi yang menghibur dan mempelajari konsep sains. Sehingga, *PhET Simulations* menjadikan peserta didik mempelajari dan media simulasi yang dapat meningkatkan pemahaman siswa di bidang tertentu. *PhET Simulations* dapat digunakan mulai dari tingkat sekolah dasar hingga pascasarjana.

Berdasarkan pemaparan di atas, dapat ditarik kesimpulan *PhET Simulations* adalah sebuah media simulasi sains dan matematis yang interaktif, menyenangkan, gratis, dan mudah diakses oleh pendidik maupun peserta didik. Media *PhET Simulations* dapat memfasilitasi proses pembelajaran yang bisa diterapkan dalam kegiatan belajar matematika di sekolah dasar.

3. Langkah-langkah *Physics Education Technology (PhET) Simulations*

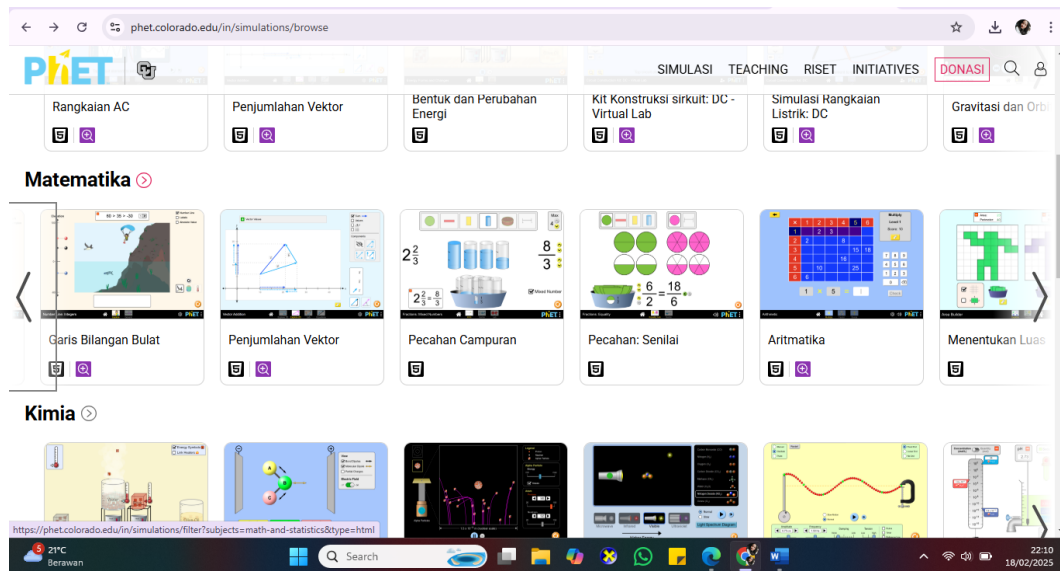
Simulasi *PhET* muncul untuk memfasilitasi pembelajaran dan memberikan pemahaman pada konsep-konsep abstrak. Selain itu, simulasi *PhET* memberikan instruksi yang jelas, mudah diikuti, dan menawarkan kesempatan pembelajaran yang tidak mungkin dilakukan di lingkungan laboratorium tradisional. Adapun langkah-langkah menggunakan *PhET Simulations* yaitu sebagai berikut:

- a. Buka media *PhET Simulations* melalui tautan berikut ini:
<https://phet.colorado.edu/in/>
- b. Setelah di klik, maka akan terlihat tampilan awal, sebagai berikut:



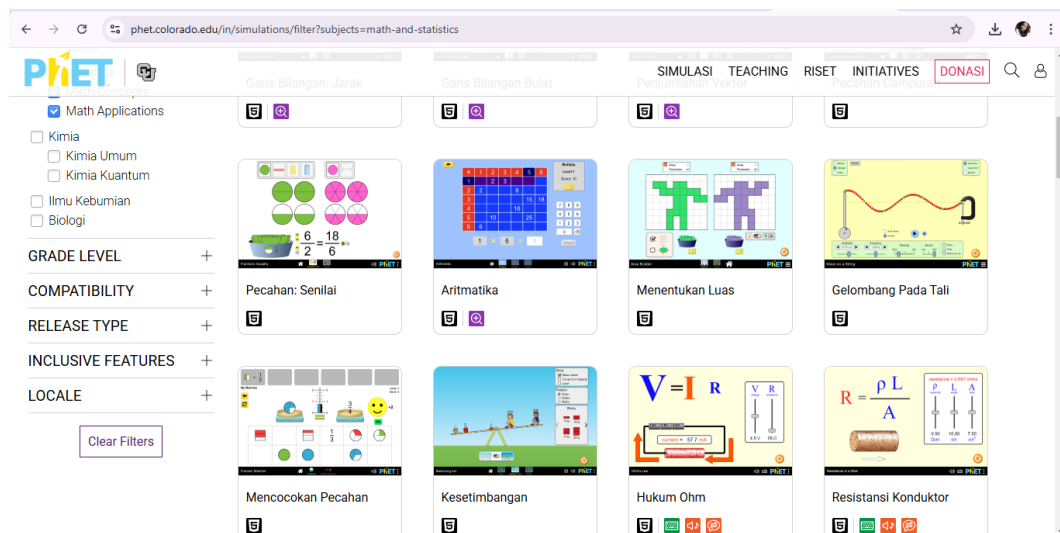
Gambar 2.1 Tampilan Awal

- c. Kemudian, klik “*Explore our SMS*” untuk melihat dan menemukan mata pelajaran yang akan dipelajari. Mata pelajaran yang disediakan seperti fisika, kimia, matematika, ilmu kebumihan, dan biologi.
- d. Sebagai contoh akan dipilih mata pelajaran matematika. Lalu, klik “Matematika” untuk mengetahui materi apa saja yang disediakan.



Gambar 2.2 Menu Tampilan Materi *PhET*

- e. Selanjutnya, muncul tampilan materi-materi dari mata pelajaran tersebut. Kemudian, kita dapat memilih dan klik materi-materi tersebut sesuai dengan kebutuhan yang akan dipelajari



Gambar 2.3 Menu Tampilan Materi Matematika

4. Manfaat *Physics Education Technology (PhET) Simulations*

PhET Simulations merupakan salah satu media interaktif yang dapat mendukung proses pembelajaran, khususnya dalam bentuk laboratorium virtual. Di tingkat sekolah dasar, peserta didik dapat terlibat secara aktif dalam pembelajaran melalui simulasi atau eksperimen virtual untuk memperoleh pemahaman simbolis tentang bagaimana konsep-konsep terbentuk. Dalam hal ini,

Simulasi *PhET* dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu pengajaran yang efektif. Saat merancang pembelajaran dengan menggunakan *PhET*, penting untuk mempertimbangkan kesesuaian antara konten materi dan media yang digunakan. Dengan menggunakan simulasi ini, peserta didik dapat belajar sambil bermain, yang mendorong minat dan kesenangan pada proses pembelajaran.

Peserta didik juga dibimbing untuk membangun kepercayaan diri serta keberanian dalam mempresentasikan hasil diskusi mereka di hadapan kelompok lain. Selaras dengan yang diungkapkan oleh Hidayah, dkk., (2024, hlm. 1346) *PhET Simulations* dapat menumbuhkan akal, minat, dan motivasi belajar, materi yang dipelajari pun menjadi lebih mudah dipahami akibat dari pembelajaran yang lebih menyenangkan sehingga pembelajaran matematika materi pecahan tersebut dapat meningkatkan kemampuan numerasi peserta didik.

5. Kelebihan *Physics Education Technology (PhET) Simulations*

Simulasi *PhET* memiliki suatu kelebihan yaitu dapat melakukan percobaan dimanapun dan kapan saja, yang dibuat atau dirancang secara khusus agar guru lebih mudah untuk membuat simulasi fisika dengan memakai komputer sesuai dengan bagian ilmunya. Selain itu, penggunaan media pembelajaran *PhET* menumbuhkan kemampuan peserta didik untuk memahami suatu konsep visual dan meningkatkan kemampuan mereka untuk berpikir kritis tentang konsep akhir dan suatu fenomena yang abstrak atau kurang nyata (Firmansyah, dkk., 2024, hlm. 34).

Kelebihan dari penggunaan simulasi virtual *PhET* menurut (Hanikah, dkk., 2025, hlm. 6), sebagai berikut:

- a. Mampu menyajikan informasi terkait konsep atau proses tergolong kompleks secara lebih mudah dipahami.
- b. Bersifat mandiri karena dilengkapi dengan konten yang cukup lengkap dan mudah diakses, sehingga peserta didik dapat menggunakannya tanpa pendampingan langsung dari guru.
- c. Mampu menarik minat siswa, yang pada akhirnya dapat meningkatkan motivasi belajar mereka di dalam kelas.
- d. Fleksibel dalam penggunaannya, karena dapat dioperasikan secara offline, baik saat berada di sekolah maupun di rumah.

PhET Simulations memberikan kemudahan bagi peserta didik dan pengajar dalam kondisi yang terbatas, maka terdapat kelebihan dari penggunaan media *PhET Simulations* pada pembelajaran sebagaimana yang diungkapkan oleh (Norlaila, dkk., 2024, hlm. 64), yakni:

- a. Antusiasme yang tinggi saat proses belajar berlangsung,
- b. Memudahkan dalam menguasai materi pelajaran,
- c. Kemajuan hasil belajar,
- d. Membantu lebih berperan serta dalam aktivitas belajar di kelas,
- e. Pembelajaran berpusat pada peserta didik,
- f. Membantu mereka menemukan ide secara mandiri,
- g. Meningkatkan kemampuan peserta didik untuk berpikir kritis,
- h. Meningkatkan literasi digital mereka.

Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa *PhET Simulations* memiliki beberapa kelebihan yang tentunya dapat dimanfaatkan oleh peserta didik untuk menunjang pembelajaran matematika di kelas dengan menyenangkan, gratis, dan interaktif mirip dengan permainan yang memungkinkan peserta didik untuk belajar melalui eksplorasi.

6. Kekurangan *Physics Education Technology (PhET) Simulations*

Meskipun memiliki banyak keunggulan, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah ketergantungan pada ketersediaan perangkat teknologi, seperti komputer atau laptop di sekolah. Hal ini dapat menjadi kendala, terutama di sekolah-sekolah dengan fasilitas terbatas. Kekurangan yang diungkapkan oleh Hidayah, dkk., (2024, hlm. 1346) yaitu:

- a. Pembelajaran yang akan dilakukan harus sesuai dengan fitur *PhET Simulations*.
- b. Peserta didik perlu menunjukkan kemandirian dalam memahami materi.
- c. Peserta didik akan merasa jenuh bila tidak memahami cara menggunakan komputer.

Menurut Khoeriyah, dkk., (2025, hlm. 97) kekurangan *PhET Simulations*, sebagai berikut:

- a. Keberhasilan suatu proses pembelajaran bergantung pada kemandirian peserta didik.

- b. Aplikasi yang dijalankan sangat terbatas.
- c. Bergantung pada jumlah fasilitas komputer yang disediakan oleh sekolah.

Kekurangan media simulasi *PhET* yang dipaparkan oleh Arifin (2020, hlm. 56), sebagai berikut:

- a. Setiap akan praktikum guru atau peserta didik harus menyediakan komputer yang sudah terdapat aplikasi *PhET*, apabila aplikasi ini tidak tersedia maka praktikum tidak bisa dilakukan.
- b. Praktikum yang akan dilakukan harus sesuai dengan apa yang sudah diprogramkan pada aplikasi *PhET*

Dari penjelasan di atas, peneliti mengantisipasi kekurangan *PhET Simulations*:

- a. Mempersiapkan materi yang sesuai dengan fitur yang tersedia.
- b. Mengarahkan penggunaan simulasi interaktif secara runtut agar mudah dipahami.
- c. Membimbing penggunaan simulasi interaktif bagi yang masih kesulitan.
- d. Mengintegrasikan dengan membuat proyek guna menjaga keseimbangan pembelajaran.

D. Penelitian terdahulu

Terdapat beberapa hasil penelitian terdahulu mengenai model *Project Based Learning* (PjBL) terhadap kemampuan pemahaman matematis peserta didik dan penelitian terdahulu mengenai *Physics Education Technology (PhET) Simulations* terhadap kemampuan pemahaman matematis peserta didik. Penelitian terdahulu ini diambil sebagai acuan dalam memperkuat penelitian ini. Berikut beberapa penelitian terdahulu, sebagai berikut:

1. Penelitian mengenai model *Project Based Learning* (PjBL) untuk meningkatkan pemahaman matematis peserta didik dilakukan oleh Pilawinata, dkk., (2024, hlm. 28) dengan judul penelitian "Peningkatan Pemahaman Matematis Matematika Melalui Model *Project Based Learning* pada peserta didik kelas IV Sekolah Dasar Negeri 3 Cemagi". Jenis penelitian ini adalah Tindakan kelas. Pada penelitian ini terdapat kesimpulan bahwa setelah melakukan penelitian Tindakan kelas selama dua siklus penerapan Model *Project Based Learning* (PjBL) dapat meningkatkan kemampuan Pemahaman Matematis matematis. Hal tersebut bukti dengan N Gain skor sebesar 0.77

terlihat dari hasil post-test terjadi peningkatan pada Pemahaman Matematis matematika peserta didik dari siklus I yaitu 0,29 ke siklus II yaitu 0,77 adalah sebesar 0,48 yang masuk pada kategori tinggi. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti terletak pada model *Project Based Learning* (PjBL) dan variabel terkaitnya yaitu kemampuan pemahaman matematis pada pembelajaran matematika sekolah dasar. Sedangkan, perbedaannya penelitian ini tidak menggunakan media.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Silalahi, dkk., (2025, hlm. 21) yang berjudul "Model *Projek Based Learning* Berdasarkan Teori *Vygotsky* Terhadap Kemampuan Pemahaman Matematis Keliling Dan Luas Peserta didik Kelas IV Sekolah Dasar". Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan metode quasi experimental (eksperimen semu). Hasil penelitian yang menunjukkan hasil hipotesis bahwa nilai signifikansi yang diperoleh 0.00 lebih kecil dan taraf signifikansi 0.5 dengan yaitu 19,977 2,028 Terlihat dari hasil posttest, kelas yang menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) memperoleh nilai rata-rata 70,86 dengan hasil uji N-Gain berada di kategori tinggi 3 orang (8%), kategori sedang 15 orang (41%), dan kategori rendah 19 orang (51%). Artinya penelitian ini menunjukkan kemampuan pemahaman matematis peserta didik meningkat. Persamaan penelitian di atas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti terletak pada penggunaan model *Project Based Learning* (PjBL) dan variabel terikatnya yaitu kemampuan pemahaman matematis peserta didik di sekolah dasar. Sedangkan, perbedaannya penelitian ini tidak menggunakan media.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Fatimah, dkk., (2024, hlm. 273) yaitu yang berjudul "Pengaruh *Brain-based Learning* Berbantuan *PhET Interactive Simulations* Terhadap Kemampuan Pemahaman Matematika Peserta Didik Sekolah Dasar". Penelitian tersebut menggunakan metode quasi eksperimen. Pada penelitian ini peneliti menunjukkan bahwa pada saat setelah menggunakan media *PhET Simulations* terdapat perbedaan. Hal tersebut terbukti dengan adanya Uji N-Gain menunjukkan rata-rata presentasi sebesar 59,94%, yang berarti *brain-based learning* berbantuan *PhET* cukup efektif dalam meningkatkan pemahaman matematis peserta didik. Artinya penerapan

PhET Simulations dapat meningkatkan pemahaman matematis peserta didik sekolah dasar. Persamaan penelitian di atas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti terletak pada penggunaan *PhET Simulations* dan variabel terikatnya yaitu kemampuan pemahaman matematis peserta didik di sekolah dasar. Sedangkan, perbedaannya penelitian ini tidak menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL).

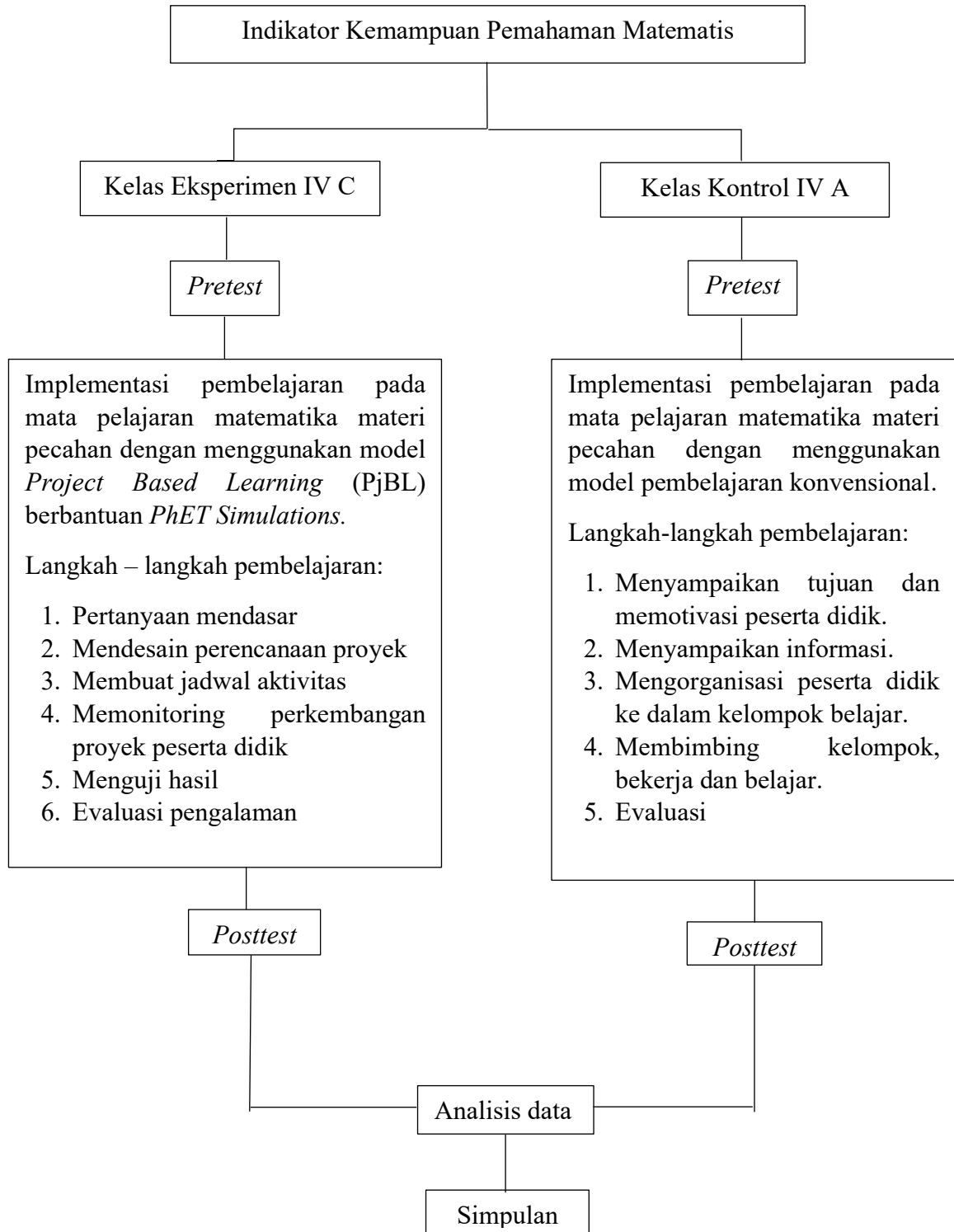
4. Penelitian yang dilakukan oleh Fitria, dkk., (2023, hlm. 5153) berjudul "Pengaruh Model Discovery Learning Berbantuan Media *PhET Simulations* Terhadap Kemampuan Pemahaman Matematis Peserta didik Di Sekolah Dasar". Penelitian tersebut menggunakan metode quasi eksperimen. Penelitian ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata pretest dan posttest kelas eksperimen dan kontrol mengalami peningkatan kemampuan pemahaman matematis. Hal ini ditunjukkan dengan nilai pretest yang dimiliki kedua kelas memiliki kemampuan pemahaman matematis yang kurang. Sedangkan pada nilai rata-rata posttest, kelas kontrol berada pada kategori cukup (56.5) dan kelas eksperimen berada pada kategori baik (84.4). Artinya penerapan *PhET Simulations* dapat meningkatkan pemahaman matematis peserta didik sekolah dasar. Persamaan penelitian di atas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti terletak pada penggunaan *PhET Simulations* dan variabel terikatnya yaitu kemampuan pemahaman matematis peserta didik di sekolah dasar. Sedangkan, perbedaannya penelitian ini tidak menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL).
5. Penelitian yang dilakukan oleh Listiyoningrum, dkk., (2024, hlm. 120-121) berjudul "Implementasi Penggunaan Media Interaktif *Phet Colorado* dalam Pembelajaran Pecahan pada Peserta didik Sekolah Dasar". Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian ini menunjukkan bahwa peserta didik yang menggunakan media pembelajaran *PhET Colorado* mengalami peningkatan pemahaman yang signifikan terhadap materi pecahan dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Implikasinya, penggunaan media pembelajaran interaktif seperti *PhET Colorado* dapat menjadi strategi yang efektif dalam mendukung pembelajaran matematika di tingkat SD. Ini dapat disebabkan karena media interaktif sangat

memungkinkan peserta didik untuk memahami konsep dengan lebih baik dan konkrit. Hasil uji *t-test paired differences* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika bukan hanya meningkatkan efektivitas pembelajaran, tetapi juga menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan bermakna bagi peserta didik. Persamaan penelitian ini dengan peneliti terletak pada penggunaan *PhET Simulations* yang dapat meningkatkan pemahaman peserta didik dan memberikan bukti kuat bahwa *PhET Simulations* menawarkan potensi yang sangat besar sebagai alat pembelajaran inovatif yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan matematika di tingkat sekolah dasar. Sedangkan, perbedaannya penelitian ini tidak menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL).

E. Kerangka Pemikiran

Kerangka berpikir merupakan dasar konseptual dalam suatu penelitian yang disusun melalui sintesis dari fakta, hasil observasi, serta kajian pustaka. Di dalamnya tercakup teori, prinsip, atau konsep yang menjadi pijakan utama penelitian. Kerangka ini juga memuat penjelasan mendalam mengenai variabel-variabel yang diteliti, yang disesuaikan dengan permasalahan penelitian, sehingga dapat menjadi acuan dalam merumuskan solusi terhadap permasalahan tersebut (Syahputri, dkk., 2023, hlm. 161).

Pada penelitian ini, variabel yang akan diteliti yaitu kemampuan pemahaman matematis. Sampel yang dilakukan menggunakan 2 kelas yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas eksperimen menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) berbantuan *PhET Simulations*. Melalui model dan media ini peserta didik diharapkan bisa memahami pembelajaran matematika berbasis proyek dan juga diharapkan dapat meningkatkan kemampuan pemahaman matematis. Sedangkan kelas kontrol menggunakan model pembelajaran konvensional. Berikut adalah kerangka berpikir yang menjadi dasar penelitian ini pada halaman selanjutnya:



Gambar 2.4 Skema Kerangka Berpikir

F. Asumsi Dan Hipotesis Penelitian

1. Asumsi

Asumsi penelitian digunakan sebagai langkah awal untuk membangun hipotesis dan kerangka teoritis sehingga membantu penelitian dalam memahami topik penelitian secara mendalam. Menurut Mukhid (2021, hlm. 60) mengatakan bahwa asumsi penelitian adalah dasar pemikiran yang dijadikan landasan dalam proses berpikir dalam melakukan tindakan yang digunakan dalam penelitian. Sedangkan menurut Sugeng (2022, hlm. 76) berpendapat bahwa asumsi merupakan prasangka sementara tentang sesuatu yang dipercaya kebenarannya.

Asumsi dasar dalam penelitian ini adalah kemampuan pemahaman matematis peserta didik kelas IV SDN 075 Jatayu lebih tinggi dengan menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) dibandingkan dengan menggunakan model pembelajaran konvensional.

2. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori, hasil penelitian yang relevan, dan kerangka pemikiran, maka dapat dirumuskan hipotesis dalam penelitian ini, sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

H_0 : Tidak terdapat pengaruh model *Project Based Learning* (PjBL) berbantuan *PhET Simulations* dan model pembelajaran konvensional terhadap kemampuan pemahaman matematis peserta didik kelas IV SD.

H_1 : Terdapat pengaruh model *Project Based Learning* (PjBL) berbantuan *PhET Simulations* dan model pembelajaran konvensional terhadap kemampuan pemahaman matematis peserta didik kelas IV SD.