

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Landasan Teori

1. Efektivitas

a. Pengertian Efektivitas

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), efektivitas diartikan sebagai tingkat keberhasilan suatu kegiatan atau usaha dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Sejalan dengan hal tersebut, Ekosusilo (Rusdi, 2018), menyatakan bahwa efektivitas merupakan suatu kondisi yang menunjukkan tingkat ketercapaian hasil sesuai dengan tujuan atau rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Menurut Rohmawati (2015), Efektivitas pembelajaran menunjukkan sejauh mana tujuan pembelajaran dapat dicapai melalui interaksi yang positif antara guru dan peserta didik. Oleh karena itu, kerja sama yang baik antara kedua pihak menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan proses pembelajaran.

Berdasarkan berbagai definisi yang telah dikemukakan, dapat disimpulkan bahwa efektivitas memiliki makna yang beragam sesuai dengan konteks penggunaannya. Namun, secara umum efektivitas merujuk pada tingkat keberhasilan dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dalam konteks pendidikan, efektivitas pembelajaran menunjukkan tingkat keberhasilan proses interaksi antara guru dan peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran yang diharapkan.

b. Ciri- Ciri Efektivitas

Menurut Muhaimin (2002), ciri-ciri efektivitas pembelajaran dapat dilihat dari:

- 1) Tingkat penguasaan kemampuan atau perilaku siswa dengan teliti.
- 2) Kecepatan dalam menunjukkan hasil belajar.
- 3) Kesesuaian dengan prosedur kegiatan belajar yang harus dijalani.
- 4) Kuantitas hasil akhir yang dapat dicapai.
- 5) Perbandingan tingkat kemampuan siswa sebelum dan setelah pembelajaran.
- 6) Potensi belajar atau kemampuan yang dapat diperluas setelah siswa mengikuti pembelajaran.

Berdasarkan kriteria efektivitas yang telah ditetapkan, pembelajaran dalam penelitian ini dianggap efektif apabila hasil akhir yang diperoleh siswa pada kelas eksperimen menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan hasil yang diperoleh siswa pada kelas kontrol.

2. Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PJBL)

a. Pengertian Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PJBL)

Model pembelajaran *Project Based Learning* (PJBL) merupakan pendekatan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik melalui kegiatan proyek yang dirancang untuk memecahkan

masalah nyata. Menurut Thomas (2000), PJBL adalah suatu model pembelajaran yang menggunakan proyek atau tugas kompleks sebagai inti kegiatan pembelajaran, di mana siswa melakukan investigasi, pemecahan masalah, pengambilan keputusan, serta bekerja secara mandiri dalam jangka waktu tertentu. Pembelajaran berbasis proyek ini menekankan proses inkuiri mendalam, kreativitas, serta keterlibatan aktif siswa dalam merancang dan menghasilkan produk yang relevan dengan kehidupan mereka.

Penelitian oleh Wena (2014) dalam (Hanif, 2018) menunjukkan bahwa PJBL memberikan ruang bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi karena siswa harus mencari informasi, melakukan analisis, serta mengolah berbagai sumber pengetahuan untuk menghasilkan sebuah proyek. PJBL bukan hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi menekankan pada proses belajar yang berlangsung selama pengerjaan proyek tersebut. Proses tersebut mendorong siswa untuk belajar secara bermakna melalui pengalaman langsung (*experiential learning*), sehingga pemahaman konsep menjadi lebih mendalam dan tahan lama.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Hosnan, 2014), PJBL juga dipandang sebagai model pembelajaran yang mampu meningkatkan motivasi belajar, kerja sama, serta kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini karena PJBL menempatkan siswa dalam situasi yang menuntut mereka untuk menggali informasi secara

mandiri dan kolaboratif, menyusun strategi, menguji gagasan, serta menghasilkan solusi kreatif terhadap permasalahan yang dihadapi. Dengan demikian, PJBL tidak hanya mengembangkan aspek kognitif, tetapi juga aspek afektif dan psikomotor melalui pengalaman belajar yang utuh dan kontekstual.

Penelitian lain oleh (Mergendoller & Maxwell.,2006) memperkuat bahwa PJBL efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran karena memberi kebebasan siswa untuk mengontrol proses belajarnya. Mereka menemukan bahwa ketika siswa dilibatkan dalam menentukan tema proyek, langkah pengerjaan, dan evaluasi, mereka menunjukkan kemandirian yang lebih tinggi serta peningkatan kemampuan problem solving. Dengan demikian, secara teoritis maupun empiris, PJBL merupakan model pembelajaran yang relevan diterapkan dalam pembelajaran abad 21, terutama untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi siswa.

Berdasarkan berbagai pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran PJBL merupakan pendekatan pembelajaran yang melibatkan siswa dalam proses investigasi, perancangan, dan penyelesaian proyek sebagai bagian dari pembelajaran. Metode ini menempatkan siswa sebagai pusat dari proses pembelajaran, di mana mereka belajar melalui keterlibatan langsung dalam proyek nyata. PJBL bertujuan untuk membantu

siswa memahami pengetahuan dan memecahkan masalah melalui kegiatan kolaboratif.

b. Karakteristik model pembelajaran PJBL

Model Project Based Learning (PJBL) dirancang untuk membantu peserta didik dalam menyelesaikan permasalahan yang kompleks melalui proses pengamatan, eksplorasi, dan investigasi yang mendalam. Model ini merupakan pendekatan pembelajaran inovatif yang menekankan pada pembelajaran kontekstual, sehingga peserta didik dapat memperoleh pengalaman belajar yang bermakna melalui keterlibatan dalam berbagai kegiatan yang kompleks dan relevan dengan kehidupan nyata.

Menurut Thomas dalam Rahma, (2017) pembelajaran berbasis Proyek (PJBL) memiliki beberapa prinsip yaitu :

- 1) Prinsip sentralitas (centrality) adalah prinsip yang menjadikan proyek sebagai fokus utama pembelajaran, di mana peserta didik mempelajari konsep-konsep inti suatu pengetahuan melalui kegiatan proyek yang terintegrasi dalam kurikulum.
- 2) Prinsip pertanyaan pendorong/penuntun (driving question) yaitu kerja proyek berfokus pada “pertanyaan/permasalahan” yang dapat mendorong siswa untuk memperoleh konsep atau prinsip utama dari suatu bidang tertentu.
- 3) Prinsip investigasi konstruktif (constructive investigation) merupakan proses yang mengarah pada pencapaian tujuan, yang mengandung kegiatan inkuiri, membangun konsep dan resolusi.

- 4) Prinsip otonomi (autonomy) mengacu pada kemandirian peserta didik dalam proses pembelajaran, yang ditunjukkan melalui kebebasan dalam memilih, mengambil keputusan, dan bertanggung jawab terhadap pelaksanaan serta hasil pembelajaran.
- 5) Prinsip realistis (realisme) berarti proyek merupakan sesuatu produk yang nyata, bukan seperti disekolah. Pembelajaran berbasis proyek mengandung tantangan nyata yang berfokus pada permasalahan yang autentik (bukan simulasi), bukan dibuat-buat, dan solusinya dapat diimplementasikan di lapangan. Untuk itu, guru harus mampu merancang proses pembelajaran yang perlu dirubah.

Selain itu, penelitian (Mergendoller & Maxwell, 2006) menekankan bahwa PJBL memiliki karakteristik berupa adanya kolaborasi antar siswa. Kolaborasi muncul karena siswa bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan proyek, mendiskusikan ide, dan menentukan strategi penyelesaian masalah. Kerja sama ini sangat penting, karena melalui interaksi sosial tersebut siswa mengembangkan kemampuan komunikasi, negosiasi, pengambilan keputusan, serta tanggung jawab bersama. Karakteristik kolaboratif ini menjadi ciri esensial yang memperkuat pembelajaran PJBL dalam mengembangkan keterampilan abad 21.

Karakteristik lain yang diidentifikasi oleh penelitian (Larmer & Mergendoller, 2010) adalah bahwa PJBL harus menghasilkan

sebuah produk nyata atau artefak yang dapat dipresentasikan kepada orang lain. Produk ini mencerminkan pemahaman siswa terhadap materi yang dipelajari sekaligus kreativitas mereka dalam merancang solusi. Selain itu, adanya proses refleksi dan evaluasi merupakan bagian penting dari karakteristik PJBL, di mana siswa menilai kembali proses belajar mereka, kesulitan yang dihadapi, serta strategi yang dapat diperbaiki. Melalui refleksi ini, PJBL tidak hanya menghasilkan karya, tetapi juga meningkatkan metakognisi siswa tentang bagaimana mereka belajar. Dengan demikian, keseluruhan karakteristik ini menunjukkan bahwa PJBL adalah model pembelajaran yang holistik, menekankan konstruktivisme, kolaborasi, kreativitas, dan kemandirian dalam belajar.

c. Kelebihan dan Kekurangan model pembelajaran PJBL

Dalam penerapannya *Project Based Learning* Model terdapat kelebihan dan keutamaan. Seperti yang di sampaikan (Sani, 2014) yang menyatakan bahwa beberapa kelebihan *Project Based Learning* Model adalah sebagai berikut :

- 1) Peserta didik mampu mengidentifikasi dan merumuskan isu atau permasalahan yang bermakna melalui keterlibatan dalam permasalahan nyata yang bersifat kompleks.
- 2) Peserta didik terlibat secara aktif dalam kegiatan penelitian yang mendorong pengembangan kemampuan perencanaan, keterampilan berpikir tingkat tinggi, serta kemampuan pemecahan masalah.

- 3) Peserta didik memperoleh kesempatan untuk menerapkan pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki dalam berbagai konteks melalui penyelesaian proyek yang dikerjakan.
- 4) Peserta didik dapat mengembangkan keterampilan interpersonal, seperti komunikasi dan kerja sama, melalui interaksi dengan anggota kelompok maupun pihak lain yang terlibat dalam proses pembelajaran.
- 5) Peserta didik terlatih dalam berbagai keterampilan yang diperlukan untuk kehidupan sehari-hari maupun dunia kerja di masa mendatang.
- 6) Peserta didik didorong untuk berpikir kreatif dalam merefleksikan pengalaman belajar serta menghubungkan pengalaman tersebut dengan kompetensi dan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.

Selain memiliki keunggulan, *Project Based Learning Model* ini juga memiliki kelemahan. Adapun kelemahan dari *Project Based Learning Model* menurut (Abidin, Utomo, Pratiwi, & Farokhah, 2020) yaitu sebagai berikut:

- 1) Model PJBL memerlukan banyak waktu dan biaya,
- 2) Banyak media dan sumber belajar yang digunakan
- 3) Memerlukan guru dan siswa yang sama-sama siap belajar dan berkembang
- 4) Dikhawatirkan siswa hanya menguasai satu topik tertentu yang dikerjakan.

d. Sintaks model pembelajaran PJBL

Menurut Sani dalam Uum, Murfiah (2017) adalah tahapan PJBL yang harus direncanakan dalam proses pembelajaran adalah (Murfiah & Uum, 2017):

- 1) Mengelompokkan 3 atau 4 siswa untuk mengerjakan proyek selama kurang lebih 3- 8 minggu.
- 2) Guru memberikan pertanyaan pemantik yang kompleks untuk merangsang peserta didik berpikir kritis dan mendalami materi sebagai dasar dalam penyusunan proyek.
- 3) Guru dan peserta didik menyusun jadwal kegiatan proyek yang meliputi tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga presentasi hasil proyek.
- 4) Guru melakukan penilaian dan memberikan umpan balik terhadap hasil proyek yang telah dikerjakan. Pembelajaran berbasis proyek bertujuan membantu peserta didik memahami permasalahan kompleks melalui pengalaman belajar yang aktif dan kontekstual.

Adapun sintaks dari model PJBL modifikasi peneliti dari (Sani, 2014) yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Sintaks PJBL Modifikasi Dari Sani

Tahapan PJBL	Kegiatan Guru
Penyajian Permasalahan	▪ Guru menyajikan permasalahan yang terjadi dan berupaya melibatkan siswa untuk terliat ▪ Guru memotivasi siswa menemukan permasalahan
Perencanaan	▪ Guru menentukan kelompok belajar berdasarkan karakteristik siswa. ▪ Kelompok mengidentifikasi permasalahan yang dikaji. ▪ Kelompok mengembangkan pertanyaan yang dapat mengarahkan pada pembuatan rancangan penyelidikan ▪ Kelompok merumuskan hipotesis
Penjadwalan	▪ Guru menetapkan jadwal pelaksanaan penelitian mulai dari observasi awal, pelaksanaan perlakuan /penelitian, analisis data, pembuatan laporan dan penyajian hasil penelitian. ▪ Jadwal disepakati antara siswa dengan guru

Pembuatan Proyek dan monitor	▪ Siswa melakukan observasi berdasarkan pada rencana kegiatan yang telah dibuat ▪ Guru melakukan monitoring proses belajar, membantu kelompok yang mengalami kesulitan dan sebagainya
Penilaian	▪ Siswa melakukan presentasi hasil penelitian di depan kelas yang ditanggapi oleh kelompok lain. ▪ Guru melakukan penilaian sejak pengamatan sampai kegiatan presentasi dengan menggunakan penilaian yang mengacu pada taksonomi Bloom
Evaluasi	▪ Guru memberi kesempatan kepada kelompok belajar untuk melakukan refleksi dan evaluasi terhadap proses belajar yang telah dilakukan

Berdasarkan tahapan tahapan di atas dapat disimpulkan bahwasanya bahwa langkah-langkah *Project Based Learning Model* dimulai dari 1) guru menyajikan permasalahan, 2) melakukan perencanaan dan membagi kelompok belajar, 3) guru menentukan jadwal yang disepakai dengan siswa, 4) guru memonitoring proses

pembelajaran, 5) siswa mempresentasikan hasil proyek dan guru melakukan penilaian, dan 6) guru dan siswa merefleksi dan mengevaluasi pembelajaran.

3. STEAM (Sains-Tecgnology-Engenering-Art-Matematic)

a) Pendekatan STEAM

Model pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) merupakan pengembangan dari model STEM yang menambahkan unsur seni (*Arts*) untuk meningkatkan kreativitas dan inovasi dalam pembelajaran (Febriansari, Devie, Sarwanto Sarwanto, & Yamtinah, 2022). Menurut (Yakman,2019), STEAM adalah suatu pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu secara interdisipliner agar siswa mampu memahami konsep secara holistik dan menerapkannya dalam pemecahan masalah nyata. Penambahan elemen seni memberikan ruang bagi siswa untuk mengeksplorasi kreativitas, desain, estetika, serta cara berpikir divergen yang tidak hanya menekankan ketepatan konsep, tetapi juga proses dan inovasi dalam menghasilkan produk pembelajaran.

Penelitian oleh (Herro & Quigley, 2020) menjelaskan bahwa STEAM bertujuan mengembangkan keterampilan abad 21 seperti kreativitas, komunikasi, kolaborasi, dan kemampuan berpikir kritis. Model ini menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran melalui aktivitas eksplorasi, proyek, eksperimen, hingga pembuatan karya atau produk. Pembelajaran berbasis STEAM membantu siswa

menghubungkan teori dengan dunia nyata sehingga meningkatkan motivasi dan keterlibatan belajar. Selain itu, pendekatan ini mendorong siswa untuk memecahkan masalah kompleks dengan menggabungkan prinsip ilmiah, teknologi, dan rekayasa melalui proses perancangan yang kreatif.

Adapun komponen STEAM terdiri atas lima unsur, yaitu *Science, Technology, Engineering, Arts, dan Mathematics*.

1) *Science* (Sains)

Sains merupakan proses memperoleh pengetahuan melalui kegiatan mengamati, mengidentifikasi, menganalisis, dan menjelaskan fenomena yang terjadi di lingkungan sekitar berdasarkan bukti dan fakta. Menurut (Kaniawati, Kaniawati, & Suwarna, 2015), sains dalam pembelajaran berfungsi untuk membangun kemampuan peserta didik dalam melakukan penyelidikan ilmiah, mengembangkan rasa ingin tahu, dan memahami hubungan sebab-akibat dari suatu permasalahan. Dalam pendekatan STEAM, aspek sains membantu peserta didik mengidentifikasi dan memahami permasalahan kontekstual yang akan diselesaikan melalui kegiatan proyek.

2) *Technology* (Teknologi)

Teknologi merupakan pemanfaatan alat, aplikasi, maupun sistem digital untuk membantu proses pembelajaran dan penyelesaian masalah. Menurut International

Technology and Engineering Educators Association (ITEEA, 2020) ,teknologi adalah modifikasi lingkungan alam yang dilakukan manusia untuk memenuhi kebutuhan dan memecahkan permasalahan melalui penggunaan alat, teknik, dan sistem tertentu. Dalam penelitian ini, unsur teknologi diwujudkan melalui penggunaan aplikasi Canva sebagai sarana digital untuk mendesain dan menyajikan hasil proyek berupa poster digital.

3) *Engineering* (Rekayasa)

Engineering merupakan proses merancang, membuat, menguji, dan mengevaluasi suatu solusi untuk menyelesaikan permasalahan tertentu. Menurut (Khairiyah, 2019), engineering adalah penerapan pengetahuan dan keterampilan dalam merancang solusi yang efektif melalui proses perencanaan, pengembangan, pengujian, dan perbaikan secara sistematis. Dalam pembelajaran STEAM, peserta didik dilatih untuk menyusun strategi, menentukan langkah kerja, serta mengevaluasi hasil yang telah diperoleh selama proses pengerjaan proyek.

4) *Arts* (Seni)

Arts merupakan unsur yang berfungsi untuk mengembangkan kreativitas, estetika, komunikasi visual, dan kemampuan mengekspresikan ide secara inovatif. Menurut (Henriksen, 2017), integrasi seni dalam STEAM

bertujuan untuk memperkaya proses pembelajaran melalui pendekatan kreatif sehingga peserta didik tidak hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi juga pada proses penciptaan dan inovasi. Dalam penelitian ini, unsur *Arts* diwujudkan melalui pembuatan poster digital yang memuat hasil proyek secara menarik, komunikatif, dan mudah dipahami.

5) *Mathematics* (Matematika)

Matematika merupakan ilmu yang mempelajari pola, hubungan, struktur, kuantitas, dan penalaran logis yang digunakan untuk memecahkan berbagai permasalahan. Menurut National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2000), pembelajaran matematika bertujuan mengembangkan kemampuan pemecahan masalah, penalaran, komunikasi, koneksi, dan representasi matematis peserta didik. Dalam pendekatan STEAM, matematika berperan sebagai dasar dalam menganalisis data, melakukan perhitungan, menyusun model matematika, serta menarik kesimpulan yang tepat dari suatu permasalahan.

Dengan demikian, pendekatan STEAM memungkinkan peserta didik untuk mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu secara terpadu dalam menyelesaikan permasalahan nyata. Dalam penelitian ini, integrasi STEAM diterapkan melalui pembelajaran berbasis proyek, di mana peserta didik mengidentifikasi permasalahan

kontekstual (*Science*), merancang strategi penyelesaian (*Engineering*), menyelesaikan permasalahan matematika (*Mathematics*), mendesain poster digital menggunakan Canva (*Technology*), dan menyajikan hasil proyek secara kreatif melalui poster digital (*Arts*). Sementara itu, GeoGebra digunakan sebagai media bantu visualisasi matematika untuk membantu peserta didik memahami konsep-konsep abstrak dan mendukung proses berpikir kritis matematis.

b) Kelebihan dan Kelemahan *STEAM*

Pembelajaran *STEAM* memiliki sejumlah kelebihan dan kelemahan. Pendekatan ini membantu peserta didik mengembangkan kemampuan dalam memecahkan masalah kehidupan nyata melalui kegiatan pembelajaran berbasis proyek. Selain itu, kerja kelompok yang dilakukan selama proses pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan sosial, komunikasi, dan kolaborasi peserta didik. Peran guru sebagai fasilitator juga mendukung terciptanya proses pembelajaran yang lebih interaktif dan bermakna. Adapun kelebihan dan kelemahan pembelajaran *STEAM* dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Kelebihan

- Pendekatan *STEAM* mampu menjembatani konsep-konsep abstrak dalam bidang sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika melalui pembelajaran yang terintegrasi. Integrasi unsur seni (*Arts*) dalam *STEAM* juga dapat

mendorong kreativitas peserta didik dalam merancang dan menciptakan media atau alat pembelajaran yang menarik dan menyenangkan.

- Pendekatan STEAM melatih peserta didik untuk menyelesaikan berbagai permasalahan secara kreatif, kritis, aktif, dan inovatif dengan memanfaatkan perkembangan teknologi. Melalui pendekatan ini, peserta didik diberikan kesempatan untuk menuangkan ide dan gagasannya ke dalam bentuk karya atau solusi berbasis teknologi.
- Pendekatan STEAM membantu peserta didik menghubungkan konsep yang dipelajari dengan situasi nyata, sehingga mereka mampu menerapkan pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh dalam kehidupan sehari-hari.

2) Kelemahan

- Beberapa guru berpendapat bahwa kurangnya waktu untuk mengintegrasikan pembelajaran STEAM dalam proses pembelajaran.
- Pembelajaran dengan mengintegrasikan pendekatan STEAM membutuhkan pengetahuan yang mendalam .
- Terdapat beberapa pendapat bahwa untuk mengintegrasikan STEAM banyak memerlukan bahan yang mahal dan berteknologi yang tinggi.

Kelemahan dalam penerapan pembelajaran STEAM dapat diatasi melalui beberapa upaya. Keterbatasan waktu yang dirasakan guru dapat diatasi dengan melakukan perencanaan pembelajaran yang matang dan mengintegrasikan unsur STEAM ke dalam materi yang sudah ada, sehingga tidak memerlukan penambahan waktu pembelajaran yang signifikan. Selain itu, anggapan bahwa pembelajaran STEAM memerlukan bahan yang mahal dan teknologi tinggi dapat diatasi dengan memanfaatkan bahan-bahan sederhana, alat yang tersedia di lingkungan sekitar, serta teknologi yang mudah diakses dan berbiaya rendah. Dengan demikian, pembelajaran STEAM tetap dapat diterapkan secara efektif sesuai dengan kondisi dan sumber daya yang dimiliki sekolah.

c) Tahapan *STEAM*

Penerapan pendekatan STEAM berbasis proyek dalam penelitian ini mengacu pada tahapan pembelajaran yang dikemukakan oleh Lucas (2007), yang terdiri atas enam langkah utama dalam pelaksanaan pembelajaran. Adapun tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Tahapan STEAM

Fase	Deskripsi
1. Aks (Mengajukan pertanyaan esensial atau penting)	Siswa mengamati fenomena, mengidentifikasi masalah kehidupan nyata, mengajukan

	pertanyaan kritis, serta menentukan kebutuhan pembelajaran.
2. Membuat perencanaan proyek	Siswa melakukan perencanaan untuk mengerjakan proyek secara kolaboratif antara pendidik dan peserta didik.
3. Menyusun jadwal	peserta didik diberi arahan oleh pendidik terkait timeline jadwal agar mempermudah dalam mengerjakan proyek.
4. Monitoring (mengawasi) peserta didik dan kemajuan proyek	Peserta didik bekerjasama untuk menyelesaikan proyek dan pendidik memonitor kemajuan proyek yang sedang dikerjakan oleh peserta didik.
5. Mengevaluasi	Pendidik dan peserta didik melakukan sebuah refleksi terhadap aktivitas pembelajaran dan hasil proyek yang telah dilakukan.

4. Aplikasi *GeoGebra*

a) Pengertian *GeoGebra*

Aplikasi *GeoGebra* dikembangkan oleh Markus Hohenwarter pada tahun 2001 sebagai bagian dari proyek tesis magisternya. Menurut Hohenwarter dan Hohenwarter (2008) serta Purwanti dkk. (2016), *GeoGebra* merupakan perangkat lunak matematika dinamis yang mengintegrasikan berbagai konsep matematika, seperti geometri, aljabar, dan kalkulus, dalam satu platform yang interaktif dan mudah digunakan. Program ini memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret karena siswa dapat melihat hubungan antar konsep matematika melalui tampilan grafik, tabel, serta representasi aljabar yang saling terhubung secara real time.

Penelitian oleh (Oktinasari, Hanifah, & Prahmana, 2020) menunjukkan bahwa penggunaan *GeoGebra* dalam pembelajaran matematika mampu meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah siswa. Visualisasi yang disediakan memungkinkan siswa menguji hipotesis, melakukan eksplorasi, serta melihat konsekuensi dari setiap perubahan parameter secara instan. Pembelajaran yang melibatkan *GeoGebra* juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar secara aktif melalui penemuan (*discovery learning*), sehingga meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar.

Beberapa penelitian terdahulu juga menyoroti dampak *GeoGebra* terhadap kemampuan berpikir kritis. Penelitian oleh (Ningsih, Yulia, Harun, & Nursyahidah, hal. 2021) menemukan bahwa integrasi *GeoGebra* dalam pembelajaran geometri dan fungsi mampu membantu siswa mengembangkan keterampilan analitis melalui proses mengamati, memprediksi, menganalisis, dan mengevaluasi objek matematika yang dimanipulasi secara digital. *GeoGebra* memfasilitasi siswa untuk melihat pola, hubungan, dan generalisasi sehingga membantu meningkatkan keterampilan berpikir kritis matematis.

Berdasarkan berbagai uraian yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa *GeoGebra* merupakan salah satu media pembelajaran berbasis teknologi yang dapat diakses dan digunakan secara gratis oleh berbagai kalangan. Aplikasi ini dirancang untuk mendukung pembelajaran matematika dengan mengintegrasikan berbagai materi, seperti geometri, aljabar, dan kalkulus, dalam satu platform yang interaktif dan mudah digunakan.

b) Kelebihan *GeoGebra*

Kelebihan yang dimiliki Aplikasi *GeoGebra* (Hidayat, Buyung, Wahyuni, & Husna, 2024), yaitu:

- 1) Memfasilitasi lembar kerja;
- 2) Termasuk dalam perangkat lunak geometri dinamis (DGS) dan Computer Algebra System (CAS)
- 3) Mudah diakses oleh siapapun;

- 4) Ada 35 lebih Bahasa yang sudah diterjemahkan;
- 5) Terdapat diberbagai macam komputer atau multi-platform.

c) Peran *GeoGebra* dalam pembelajaran

GeoGebra memiliki peran penting sebagai media pembelajaran matematika berbasis teknologi yang mampu mengintegrasikan representasi aljabar, grafik, geometri, dan tabel secara dinamis. Penelitian (Hohenwarter & Lavicza, 2019) menunjukkan bahwa *GeoGebra* berfungsi sebagai alat visualisasi yang membantu siswa memahami konsep abstrak melalui manipulasi objek matematika secara langsung. Dengan adanya keterkaitan antar representasi (multiple representations), siswa dapat melihat hubungan antar konsep sehingga memperkuat pemahaman konseptual.

Dalam konteks pembelajaran interaktif, penelitian (Cholily, et al., 2024) menjelaskan bahwa *GeoGebra* berperan meningkatkan keterlibatan siswa melalui aktivitas eksploratif, penemuan konsep (discovery learning), dan eksperimen matematis. Siswa dapat mencoba berbagai skenario, mengubah parameter, menguji hipotesis, dan melihat dampak perubahan secara real-time. Proses ini membuat pembelajaran menjadi lebih aktif dan bermakna, karena siswa terlibat langsung dalam proses investigasi matematis. *GeoGebra* juga meningkatkan motivasi dan minat belajar siswa karena tampilannya yang visual, interaktif, dan mudah digunakan.

Selain itu, beberapa penelitian terdahulu menyatakan bahwa *GeoGebra* berperan penting dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. (Ningsih, Yulia, Harun, & Nursyahidah, 2024) menemukan bahwa penggunaan *GeoGebra* membantu siswa dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui proses menganalisis, mengevaluasi, dan menginterpretasi informasi matematis yang ditampilkan secara dinamis. Sementara itu, (Putra & Akbar, 2023) menyatakan bahwa *GeoGebra* mendukung guru dalam merancang pembelajaran yang lebih inovatif, seperti simulasi, applet interaktif, dan proyek berbasis teknologi, sehingga pembelajaran matematika menjadi lebih kontekstual dan relevan dengan perkembangan era digital.

Dengan demikian peran *GeoGebra* dalam pembelajaran adalah membantu siswa memahami konsep matematika melalui visualisasi dinamis, eksplorasi interaktif, dan pemodelan yang mudah digunakan. Aplikasi ini meningkatkan motivasi, pemahaman konseptual, dan kemampuan berpikir kritis siswa, serta memudahkan guru menyajikan materi dengan lebih menarik dan efektif.

5. Model pembelajaran PJBL, STEAM dan Aplikasi *GeoGebra*

Integrasi antara model Pembelajaran *Project-Based Learning* (PJBL), pendekatan *STEAM*, dan aplikasi *GeoGebra* dalam pembelajaran matematika dirancang untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih menarik, eksploratif, dan pembelajaran yang berpusat

pada siswa. Keterkaitan antara model pembelajaran ,pendekatan serta aplikasi bisa dilihat dari keselarasan fungsi masing-masing komponen. PJBL efektif mendorong siswa menganalisis permasalahan dan menghasilkan solusi melalui proyek nyata (Sari, 2020), sementara STEAM memperkaya proses proyek dengan integrasi sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika yang menumbuhkan kreativitas serta kemampuan berpikir tingkat tinggi (Herro & Quigley, 2020). Di sisi lain, *GeoGebra* terbukti membantu visualisasi konsep matematika secara dinamis sehingga mendukung siswa dalam melakukan analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan matematis (Ningsih, 2021). Berikut adalah implementasi pembelajaran menggunakan sintaks model pembelajaran *Project Based Learning*.

Tabel 2. 3 Implementasi Pembelajaran Menggunakan PJBL, STEAM dan GeoGebra

Tahap PJBL	Integrasi pendekatan STEAM	Integrasi Aplikasi <i>GeoGebra</i>	Sinergi dalam Pembelajaran
<i>1. Penyajian Permasalahan</i> Guru memberikan masalah kontekstual	Masalah dikaitkan dengan unsur STEAM: sains (fenomena), teknologi, engineering (desain), seni (representasi	Permasalahan divisualisasikan menggunakan simulasi awal pada <i>GeoGebra</i>	STEAM memberi konteks multidisipliner, <i>GeoGebra</i> membantu memvisualisas

	visual), dan matematika. Masalah autentik terbukti meningkatkan keingintahuan dan relevansi belajar (Wijayanti, 2021).	untuk menampilkan pola atau objek geometri secara dinamis. Visualisasi membantu siswa memahami konteks masalah (Hohenwarter, 2019).	i masalah secara konkret, sehingga siswa memahami masalah secara lebih cepat dan akurat.
2. <i>Perencanaan</i> Siswa melakukan perencanaan untuk mengerjakan proyek	Siswa merencanakan langkah proyek dengan mempertimbangkan unsur STEAM. Perencanaan berbasis STEAM terbukti meningkatkan kemampuan analitis dan struktur berpikir	Siswa menentukan bagaimana <i>GeoGebra</i> akan digunakan dalam proyek. Perencanaan ini membuat siswa memahami fungsi fitur	Perencanaan STEAM memberi kerangka berpikir multidisipliner, sementara <i>GeoGebra</i> memperjelas langkah teknis dan model

	siswa (Lestari & Yudhanegara, 2015).	<i>GeoGebra</i> yang diperlukan (Suhada, 2020).	matematis yang akan dibangun. Keduanya membuat proses perencanaan lebih terarah, terstruktur, dan konkret.
3. <i>Penjadwalan</i> Peserta didik diberi arahan oleh pendidik terkait timeline proyek	Siswa menyusun jadwal kegiatan proyek. Penjadwalan STEAM membantu mengorganisasi tahapan kerja secara sistematis.	Siswa menentukan kapan kapan <i>GeoGebra</i> digunakan untuk eksplorasi, pembuatan model, uji coba, revisi, dan analisis grafik.	PJBL memandu proses inquiry, <i>GeoGebra</i> membantu eksplorasi dan menjadi alat visualisasi.

4. <i>Pembuatan Proyek dan monitor</i> Siswa melakukan observasi dan guru melakukan monitoring proses belajar	Siswa membuat produk proyek berbasis STEAM, seperti model, desain, simulasi, atau artefak kreatif. Guru memonitor siswa dalam proses pembuatan. Pendekatan STEAM terbukti mendorong kreativitas dan inovasi (Yakman, 2010).	Siswa membuat model pada <i>GeoGebra</i> untuk menguji konsep, memvisualisasi solusi, dan memperbaiki model.	Steam menghasilkan variasi produk <i>,GeoGebra</i> sebagai alat bantu proyek
5. <i>Penilaian</i> Siswa melakukan presentasi hasil penelitian dan guru melakukan penilaian	Siswa mengeksplorasi berbagai cara penyelesaian melalui diskusi dan eksperimen (Lestari & Yudhanegara, 2015).Guru memberikan	Penilaian meliputi akurasi model <i>GeoGebra</i>, kesesuaian perhitungan, dan kemampuan siswa menjelaskan	Penilaian lebih komprehensif: STEAM menilai kreativitas & proses, <i>GeoGebra</i> menilai akurasi matematis.

	penilaian hasil proyek.	model digitalnya.	
6. <i>Evaluasi</i> Refleksi dan evaluasi terhadap proses belajar yang telah dilakukan	Siswa melakukan evaluasi diri terhadap proses dan hasil proyek berdasarkan aspek STEAM	Siswa merefleksikan keefektifan penggunaan <i>GeoGebra</i> sebagai alat bantu belajar	Ketiganya bersinergi membangun pengalaman belajar yang reflektif dan mendalam

Integrasi ketiganya menciptakan siklus pembelajaran dimana PJBL yang berbasis proyek, STEAM yang integratif, dan *GeoGebra* sebagai alat bantu visualisasi pembelajaran menjadi lebih eksploratif, interaktif, dan kontekstual. Berdasarkan sintaks PJBL-STEAM berbantuan *GeoGebra*, hampir semua tahapan pembelajaran berkontribusi dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa, terutama pada tahap penyajian permasalahan, perencanaan dan pembuatan proyek. Pada tahap penyajian permasalahan, siswa dihadapkan pada masalah kontekstual yang menuntut mereka menganalisis situasi dan memahami hubungan konsep, sehingga melatih indikator analisis. Selanjutnya pada tahap perencanaan dimana siswa menentukan langkah kerja, memilih strategi mendorong siswa untuk mempertimbangkan berbagai alternatif solusi, yang berkaitan dengan indikator analisis dan evaluasi. Dan pada tahap pembuatan

proyek menjadi bagian yang paling kuat dalam melatih berpikir kritis, karena siswa melakukan eksplorasi, uji coba, dan revisi model. Di sini siswa harus memeriksa kebenaran konsep dan memperbaiki kesalahan, sehingga melatih indikator evaluasi. Kombinasi ini mendorong siswa untuk menemukan konsep, menguji ide ide, merancang Solusi, dan mempresentasikan hasil secara ilmiah sekaligus kreatif.

6. Kemampuan Berpikir Kritis

a) Berpikir Kritis

Kemampuan berpikir kritis merupakan keterampilan kognitif yang menuntut siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan mengambil keputusan secara logis terhadap suatu permasalahan. Menurut Facione (2019), berpikir kritis mencakup kemampuan interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, dan penjelasan yang digunakan untuk menilai suatu informasi secara rasional sebelum mengambil keputusan. Penelitian oleh (Ennis ,2020) juga menegaskan bahwa berpikir kritis adalah proses mental terstruktur yang melibatkan kemampuan mengidentifikasi masalah, mengklarifikasi argumen, serta memberikan alasan yang kuat berdasarkan bukti.

Penelitian oleh (Sholeh, et al., 2024) menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis sangat penting dalam pembelajaran matematika karena membantu siswa memahami konsep secara mendalam, memeriksa kesalahan, dan menemukan strategi penyelesaian masalah yang lebih efektif. Siswa dengan kemampuan

berpikir kritis tinggi cenderung mampu menguraikan informasi, menghubungkan konsep, dan memberikan alasan logis dalam memecahkan masalah matematis. Penelitian yang dilakukan oleh (Wulan & Rahayu, Berpikir Kritis Mahasiswa Melalui Problem with Contradictory Information (PWCI) dalam Potret Kemampuan Prasyarat Induksi Matematika, 2023) juga menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis matematis dapat dianalisis melalui penyelesaian masalah yang memuat informasi kontradiktif (Problem with Contradictory Information/PWCI). Penelitian tersebut menegaskan bahwa peserta didik yang memiliki kemampuan prasyarat matematika yang baik cenderung mampu melakukan analisis, evaluasi, inferensi, dan memberikan alasan secara lebih sistematis ketika menyelesaikan masalah matematika.

Selain itu, penelitian oleh (Lestari & Putra ,2023) menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis dapat ditingkatkan melalui pembelajaran yang bersifat eksploratif dan melibatkan aktivitas aktif siswa, seperti diskusi, investigasi, dan pemecahan masalah berbasis proyek. Pembelajaran yang memberikan kesempatan bagi siswa untuk menguji ide, menilai argumen, dan mengembangkan solusi alternatif terbukti mampu meningkatkan kualitas penalaran dan evaluasi mereka. Secara keseluruhan, penelitian-penelitian terdahulu sepakat bahwa kemampuan berpikir kritis merupakan kompetensi penting abad 21 yang harus

dikembangkan melalui pendekatan pembelajaran yang konstruktif, interaktif, dan berpusat pada siswa.

Dari berbagai pendapat yang telah dikemukakan, dapat disimpulkan bahwa kemampuan berpikir kritis adalah kemampuan seseorang dalam memahami, menganalisis, dan memecahkan permasalahan secara objektif, serta mengambil keputusan atau mengemukakan ide berdasarkan pengetahuan dan bukti yang relevan.

b) Karakteristik Berpikir Kritis

Karakteristik yang harus ada dalam kemampuan berpikir kritis menurut Emily R. Lai sebagai berikut (Zakiah, Linda, & Lestari., 2019):

- 1) Menganalisis pendapat dan bukti.
- 2) Memberikan kesimpulan menggunakan alasan induktif dan deduktif.
- 3) Mengevaluasi atau menilai.
- 4) Membuat keputusan atau memecahkan suatu masalah.

c) Indikator Berpikir Kritis

Indikator dalam berpikir kritis menurut pendapat Glaser diantaranya sebagai berikut (Siswono, 2016):

- 1) Mengenal permasalahan yang terjadi.
- 2) Menemukan cara yang dapat digunakan dalam mengatasi masalah tersebut.
- 3) Mengumpulkan dan menyusun informasi yang diperlukan.

- 4) Memahami dan menggunakan bahasa yang jelas dan tepat.
- 5) Menganalisis data dan mengevaluasi pernyataan-pernyataan.
- 6) Menarik kesimpulan dan kesamaan yang ada.
- 7) Menyusun kembali pola-pola keyakinan berdasarkan pengalaman.
- 8) Membuat penilaian tentang hal-hal dan kualitas tertentu dalam kehidupan sehari-hari.

Sedangkan Indikator kemampuan berpikir kritis menurut Facione (2015) terdapat 6 indikator yaitu sebagai berikut :

- 1) Interpretation (interpretasi)

Interpretasi merupakan kemampuan memahami dan mengekspresikan makna atau arti dari permasalahan.

- 2) Analysis (analisis)

Analisis merupakan kemampuan dalam mengidentifikasi dan menyimpulkan hubungan antar pertanyaan, pernyataan, deskripsi, konsep, atau bentuk lainnya.

- 3) Evaluation (evaluasi)

Evaluasi merupakan kemampuan dalam mengakses kredibilitas pernyataan serta dapat mengakses secara logika hubungan antar pertanyaan, deskripsi, konsep, atau bentuk lainnya.

- 4) Inference (inferensi)

Inferensi merupakan kemampuan dalam mengidentifikasi unsur unsur yang dibutuhkan dalam menarik kesimpulan.

5) Explanation (penjelasan)

Explanation merupakan kemampuan dalam menetapkan memberikan alasan secara logis sesuai hasil yang diperoleh.

6) *Self Regulation* (pengaturan diri)

Self Regulation merupakan kemampuan dalam memberikan arahan aktivitas kognitif seseorang dan aspek yang diterapkan dalam pengelolaan khususnya tahap evaluasi dan tahap analisis dalam menyelesaikan suatu permasalahan. (Arif, Muchamad, & Hayudiyani, 2017). Pada penelitian ini, indikator self-regulation diukur melalui kemampuan peserta didik dalam melakukan pemeriksaan kembali terhadap proses penyelesaian yang telah dibuat. Penilaian tidak hanya didasarkan pada ketepatan jawaban akhir, tetapi juga mempertimbangkan adanya bukti bahwa peserta didik melakukan evaluasi terhadap pekerjaannya sendiri (self-monitoring), seperti memperbaiki langkah penyelesaian, mengganti hasil perhitungan yang dianggap kurang tepat, atau melakukan koreksi terhadap jawaban. Bukti tersebut dapat terlihat dari adanya coretan, penghapusan, penggunaan tipe-x, maupun perubahan langkah penyelesaian pada lembar jawaban. Dengan demikian, indikator self-regulation menggambarkan kemampuan peserta didik dalam merefleksi dan memperbaiki proses berpikirnya selama menyelesaikan permasalahan matematika.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan enam indikator dari Facione. Dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 4 Indikator Kemampuan Berpikir Kritis

No	Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	Deskripsi	Sub skill indikator kemampuan berpikir kritis
1.	Interpretation (penafsiran)	Kemampuan untuk mengerti dan menyampaikan arti atau signifikansi dari berbagai keadaan, keyakinan, hukum, dan pemahaman informasi.	a. Mengkategorikan b. Memberikan pengertian penting c. mengklarifikasikan
2.	Analysis (analisis)	Kemampuan untuk mengenali maksud kebenaran atau hubungan di antara pernyataan, pertanyaan dan informasi serta	a. menguji ide-ide b. mengidentifikasi argumen c. mengidentifikasi alasan dan pilihan

		bentuk mengekspresikan keyakinan, penilaian, opini dan alasan	
3.	Evaluation (evaluasi)	Kemampuan untuk menarik kesimpulan yang masuk akal, membuat asumsi, meninjau data yang relevan, dan mengurangi konsekuensi dari data yang ada.	a. Membuktikan pertanyaan b. Alternatif dugaan c. Menarik kesimpulan atau gambaran yang valid dan benar
4.	Inference (inferensi)	Kemampuan menilai validitas pernyataan atau representasi seseorang untuk menilai kebenaran dan kelogisannya.	a. Menilai kredibilitas klaim b. Menilai kualitas argument yang dibuat menggunakan pemikiran induktif dan deduktif

5.	Explanation (penjelasan)	Kemampuan memberikan alasan pembenaran dengan memberikan argumen yang meyakinkan	a. Menyatakan hasil b. Membuktikan prosedur c. Menyajikan argumen
6.	<i>Self Regulation</i> (pengaturan diri)	Kemampuan untuk memantau, mengontrol, dan memperbaiki proses berpikir sendiri, termasuk menilai kembali keputusan, langkah penyelesaian, serta kesimpulan yang telah dibuat.	a. Memeriksa kembali langkah penyelesaian b. Mengoreksi kesalahan atau kekeliruan dalam proses berpikir c. Merefleksikan efektivitas strategi yang digunakan

(Sumber: Facione, 2015)

7. Materi Regresi Linear

Regresi linear adalah teknik analisis data yang bertujuan untuk memprediksi nilai dari variabel yang tidak diketahui (variabel

dependen) berdasarkan nilai dari variabel yang diketahui (variabel independen). Metode ini menggunakan persamaan linear untuk menjelaskan hubungan antara variabel-variabel tersebut.

a) Metode Kuadrat Terkecil

Metode kuadrat terkecil adalah suatu bentuk analisis regresi matematis yang digunakan untuk menentukan garis yang paling sesuai untuk sekumpulan data, memberikan demonstrasi visual tentang hubungan antar titik data.

Persamaan garis best-fit dapat diprediksi menggunakan metode kuadrat terkecil dengan langkah-langkah berikut :

1) Menentukan persamaan perkiraan garis regresi ($\hat{y}$: dibaca y

topi) Secara umum persamaan garis berbentuk $\hat{y} = mx + c$

Jika suatu garis melalui dua titik yaitu (x_1, y_1) dan (x_2, y_2)

maka persamaan garisnya diperoleh dengan rumus: $\frac{x-x_2}{x_1-x_2} =$

$$\frac{y-y_2}{y_1-y_2}$$

2) Menentukan jumlah kuadrat residu/selisih antara nilai yang diamati (y) dan $\hat{y}$ atau dengan rumus $(\sum(y - \hat{y})^2)$.

3) Menentukan nilai $(\sum(y - \hat{y})^2)$ terkecil dari masing-masing perkiraan garis regresi, dan yang memiliki $(\sum(y - \hat{y})^2)$ terkecil maka itulah garis best-fitnya.

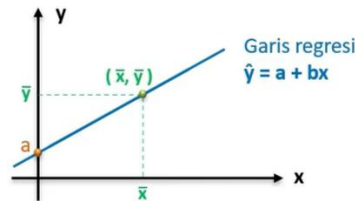
b) Persamaan Regresi

Selain menggunakan metode kuadrat terkecil, persamaan garis best-fit juga dapat ditentukan menggunakan regresi linear.

Persamaan garis best-fit yang berbentuk garis lurus disebut model/persamaan regresi linear.

Secara umum model regresi linear dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\hat{y} = a + bx$$



Gambar 2. 1 Diagram Pencar

Perlu diketahui bahwa salah satu karakteristik garis regresi adalah selalu melalui titik koordinat rata-rata variabel bebas dan terikat yaitu $(\bar{x}, \bar{y})$.

Dari rumus, hal yang perlu dicari terlebih dahulu adalah nilai a dan b . Kemudian nilai-nilai tersebut disubstitusikan kedalam persamaan. Maka rumus model regresi linear dinyatakan sebagai berikut :

$$\hat{y} = a + bx$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{n \cdot (\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n \cdot (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Gambar 2. 2 Rumus Regresi Linear

Keterangan:

$\hat{y}$ = nilai variabel terikat yang diprediksi

x = nilai variabel bebas

a = titik potong sumbu y

b = gradien/kemiringan garis regresi

$\bar{x}$ = nilai rata-rata variabel bebas

$\bar{y}$ = nilai rata-rata variabel terikat

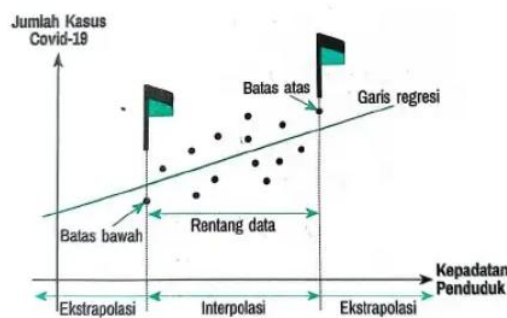
n = banyak sampel (pasangan variabel)

Jika $b > 0$, korelasi kedua variabel positif (arah garis naik).

Jika $b < 0$, korelasi kedua variabel negatif (arah garis turun).

c) Interpolasi dan Ekstrapolasi

Interpolasi dan Ekstrapolasi Garis regresi dapat digunakan untuk memprediksi data yang belum diketahui perhatikan diagram pencar pada gambar berikut:



Gambar 2. 3 Diagram Pencar Interpolasi dan Ekstrapolasi

Garis regresi pada diagram Pencar tersebut menunjukkan hubungan antara kepadatan penduduk dan jumlah kasus Covid-19. Kita dapat menggunakan persamaan garis regresi tersebut untuk memprediksi jumlah kasus Covid-19 di suatu daerah berdasarkan kepadatan penduduk di daerah tersebut. Penggunaan garis regresi untuk memprediksi nilai yang berada di dalam rentang data disebut interpolasi, sedangkan penggunaan garis regresi untuk

memprediksi nilai yang berada di luar rentang data disebut ekstrapolasi.

Keakuratan interpolasi bergantung pada seberapa linear data aslinya hal tersebut dapat diukur dengan menentukan koefisien korelasi dan memastikan data tersebut secara acak di sekitar garis regresi. Keakuratan ekstrapolasi tidak hanya bergantung pada seberapa linear data aslinya tetapi juga diperlukan asumsi bahwa hubungan linier tersebut berlaku meskipun di luar rentang data. Validitas asumsi tersebut sangat bergantung pada situasi yang sedang diselidiki.

Tabel 2. 5 Pemetaan PJBL, STEAM dengan GeoGebra Pada Materi Regresi Linear

Tahap PJBL	Permasalahan Kontekstual	STEAM	GeoGebra
1. Penyajian Permasalahan	Data jumlah sampah plastik yang dihasilkan suatu desa mengalami peningkatan setiap bulan. Pemerintah desa ingin mengetahui	Science: Dampak peningkatan sampah terhadap lingkungan. Technology: Penggunaan data digital jumlah sampah. Engineering:	Guru menampilkan simulasi pembuatan diagram pencar di <i>GeoGebra</i> untuk menunjukka

	pola pertumbuhan sampah untuk memprediksi jumlah sampah pada bulan berikutnya.	Perancangan sistem pengelolaan sampah. Art: Penyajian data dalam bentuk infografis. <i>Mathematics:</i> Mengenali hubungan antara waktu dan jumlah sampah.	n pemahaman siswa terhadap diagram pencar
2. Perencanaan	Siswa merancang cara menganalisis data jumlah sampah selama beberapa bulan untuk menemukan pola hubungan antara waktu dan jumlah sampah. Menentukan apa	Siswa merancang proyek dengan mempertimbangkan unsur STEAM secara terpadu	Siswa menentukan langkah penggunaan regresi ,menginput data dan membuat diagram pencar di <i>GeoGebra</i> untuk

	saja yang dibutuhkan untuk membuat sebuah poster digital.		membuat desain yang direncanakan
3. Penjadwalan	Siswa mengatur waktu pengerjaan proyek, mulai dari desain awal sampai presentasi	Engineering: manajemen proses kerja. Technology: penggunaan aplikasi secara terstruktur	Siswa menentukan waktu penggunaan <i>GeoGebra</i> untuk eksplorasi, pembuatan model, dan revisi
4. Pembuatan Proyek dan monitor	Siswa menentukan garis regresi linear yang paling sesuai dengan data jumlah sampah yang diperoleh. Siswa memaparkanya	Art: kreativitas desain. Engineering: proses pembuatan model. Math: penerapan konsep regresi linear	Siswa membuat diagram pencar di <i>GeoGebra</i> , menguji hasil, dan memperbaiki kesalahan

	hasil di poster digital.		
5. Penilaian	Siswa mempresentasikan hasil poster digital yang telah diselesaikan bersama kelompok di depan kelas.	STEAM menilai kreativitas, proses, dan produk proyek	Penilaian mencakup akurasi model regresi serta kemampuan menjelaskan langkah di <i>GeoGebra</i>
6. Evaluasi	Setiap kelompok merekomendasi pengelolaan sampah berdasarkan prediksi yang diperoleh. Siswa merefleksikan proses pembuatan proyek dan kesulitan yang	STEAM mendorong refleksi terhadap proses desain dan pemecahan masalah serta pemberian solusi yang tepat	Siswa mengevaluasi efektivitas penggunaan <i>GeoGebra</i> dalam membantu pemahaman konsep

	dihadapi selama pembelajaran		
--	---------------------------------	--	--

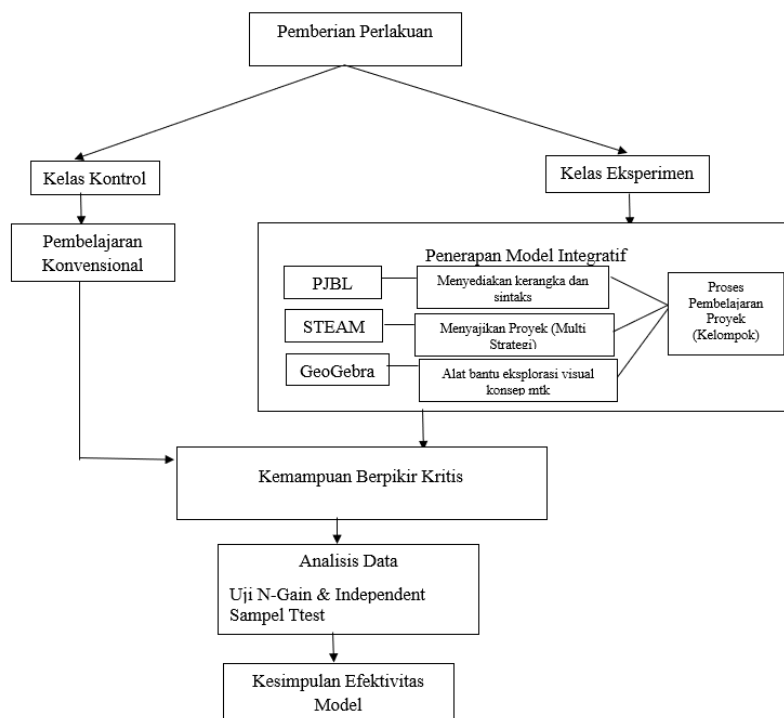
B. Kerangka Teoretis

Kemampuan berpikir kritis matematis merupakan salah satu keterampilan utama yang harus dikembangkan pada siswa di era globalisasi. Pembelajaran matematika konvensional sering kali belum terfokus pada pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi, sehingga siswa hanya memperoleh pengetahuan prosedural tanpa mampu menganalisis, mengevaluasi, dan memecahkan masalah secara mendalam. Berdasarkan observasi pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti pada salah satu guru matematika SMAN 1 Puncu menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa masih tergolong rendah, hal ini disebabkan karena pada saat pembelajaran guru lebih sering menggunakan model pembelajaran konvensional. (Emilidha, Wella Pasca, & Waluya, 2024) menyatakan, Rendahnya kemampuan berpikir kritis matematis peserta didik dapat dipengaruhi oleh pembelajaran matematika yang belum berfokus pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Oleh karena itu, penerapan pendekatan STEAM dapat menjadi alternatif untuk membantu peserta didik memahami dan menerapkan konsep matematika dalam kehidupan nyata melalui integrasi sains, teknologi, teknik, dan seni.

Model *Project Based Learning* (PJBL) berbasis *STEAM* memberikan pengalaman belajar yang lebih holistik, kreatif, dan interaktif. Dalam PJBL, siswa didorong untuk menyelesaikan proyek atau tantangan

yang relevan dengan kehidupan nyata, sehingga keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan refleksi benar-benar diasah. Fitriyah & Ramadani (2021) menegaskan bahwa pembelajaran PJBL adalah suatu aktivitas berpikir yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Model pembelajaran PJBL menguntungkan kebiasaan belajar siswa dan mendorong mereka untuk menggunakan pemikiran secara asli dalam kehidupan nyata ketika sedang memecahkan masalah. (Sulastri & Cahyani, 2021) juga memperkuat, penggunaan model *Project Based Learning* dengan pendekatan STEAM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. aktivitas yang dilaksanakan dalam pembelajaran lebih berorientasi pada keterlibatan aktif peserta didik, yang mampu menstimulus peserta didik untuk berpikir kritis.

Sebagai katalis dalam proses tersebut, *GeoGebra* diintegrasikan sebagai asisten belajar digital. Peran *GeoGebra* adalah memfasilitasi siswa dalam memvisualisasikan konsep matematika selama tahap penyelidikan dalam PJBL. Dengan menggabungkan ketiga komponen ini, dihipotesiskan agar tercipta sebuah lingkungan belajar yang lebih powerful. Dengan demikian, integrasi STEAM berbantuan *GeoGebra* dalam pembelajaran berbasis proyek diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis siswa. Maka dari itu disusun rancangan penelitian ini berdasarkan kerangka teoritis yang ditunjukkan pada gambar 2 Sebagai berikut:



Gambar 2. 4 Kerangka Teoritis

C. Hipotesis Penelitian

Hipotesis merupakan dugaan sementara terhadap rumusan masalah penelitian. Artinya, hipotesis berfungsi sebagai perkiraan awal yang diajukan peneliti untuk memberikan penjelasan sementara terhadap suatu fenomena yang diteliti. Berdasarkan landasan teori dan hasil kajian pustaka yang relevan, maka hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

H_0 :Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan berpikir kritis matematis siswa yang menggunakan model *Project Based Learning* berbasis STEAM berbantuan aplikasi *GeoGebra* dengan siswa yang menggunakan model pembelajaran konvensional.

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan berpikir kritis matematis siswa yang menggunakan model *Project Based Learning* berbasis STEAM berbantuan aplikasi *GeoGebra* dengan siswa yang menggunakan model pembelajaran konvensional.