

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Penelitian

Revolusi Industri 4.0 merupakan sebuah istilah yang merujuk pada tren otomasi dan sistem pertukaran data secara terstruktur, otomatis, dan terintegrasi dalam jaringan *online*. Revolusi Industri 4.0 pertama kali dicetuskan oleh Profesor Klaus Schwab, seorang ekonom terkenal asal Jerman. Melalui karya bukunya, *The Fourth Industrial Revolution*, Schwab mengungkapkan bahwa konsep Revolusi Industri 4.0 akan mengubah cara hidup, cara kerja, serta bagaimana manusia berinteraksi satu sama lain (Effoduh, 2016). Salah satu ciri dari hadirnya Revolusi Industri 4.0 adalah perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang tak terbendung mempengaruhi semua aspek kehidupan.

Perubahan teknologi tersebut berkembang dengan sangat cepat sehingga membuat setiap bangsa harus terus berbenah menghadapi perubahan tersebut dengan keterampilan hidup yang adaptif (Radziwill, 2018). Keterampilan-keterampilan tersebut dikenal dengan keterampilan hidup abad ke-21 yang dikenal dengan 4C yang meliputi: *Critical Thinking* (Berpikir Kritis), *Creativity* (Kreativitas), *Communication* (Komunikasi), dan *Collaboration* (Kolaborasi) (Zubaidah, 2017). Komunikasi dan kerja sama tanpa batas antar negara mendorong praktisi semua disiplin ilmu untuk mengantisipasi situasi tersebut. Perubahan ini tentu juga akan berdampak terhadap sistem pendidikan. Lingkungan pendidikan perlu diubah untuk meningkatkan keterampilan dasar yang diperlukan untuk mengantisipasi abad ke-21 (Kennedy & Odell, 2014).

Kreativitas merupakan bagian dari keterampilan dasar dari konsep 4C yang diperlukan untuk menghadapi tantangan abad ke-21, kreatifitas dimaknai sebagai kemampuan seseorang untuk menemukan solusi inovatif dalam menyelesaikan masalah. Berpikir kreatif adalah pemikiran reflektif yang penuh dengan pertimbangan dalam mengambil keputusan tentang apa dipercaya dan dilakukan (Sirajudin dkk., 2021). Seseorang yang memiliki pemikiran kreatif memiliki beberapa ciri utama. Mereka bisa mengeluarkan banyak ide, mampu melihat masalah dari berbagai sisi, membuat ide-ide yang unik dan menciptakan solusi baru untuk permasalahan yang dihadapi (Jia dkk., 2019).

Matematika merupakan cabang ilmu yang dapat meningkatkan kemampuan kreativitas siswa, untuk mempelajari matematika dibutuhkan pemahaman konsep matematika yang komprehensif serta kreativitas dalam memecahkan masalah (Simon, 2017). Matematika memiliki peran penting dalam membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir kreatif, logis, analitis, sistematis, serta menyampaikan ide-ide matematika dengan baik. Berpikir kreatif merupakan kemampuan untuk menciptakan ide-ide baru, berpikir secara fleksibel, menghasilkan gagasan orisinal, serta merinci pemikiran dengan jelas dan terstruktur. Sumarmo (2013) menyampaikan bahwa kreativitas merupakan kemampuan untuk memberikan ide-ide baru, kemampuan berpikir kreatif juga merupakan kemampuan dengan mengintegrasikan kreativitas dalam cara berpikir. Menurut Ersoy dkk. (2014) berpikir kreatif adalah keterampilan yang mendukung proses pembelajaran individu dengan mewujudkan imajinasi serta memungkinkan siswa untuk berpikir secara berbeda dari kebanyakan orang. Dari berbagai pendapat yang telah dikemukakan, dapat disimpulkan bahwa kemampuan berpikir kreatif mencakup kemampuan menghasilkan ide-ide baru melalui cara berpikir yang unik serta mengubah imajinasi menjadi sesuatu yang nyata. Selain itu, keterampilan ini juga memberi kesempatan bagi siswa untuk berpikir dengan lancar, fleksibel, orisinal, serta mampu mengungkapkan ide-ide mereka secara rinci.

Kemampuan berpikir kreatif matematis adalah keterampilan yang sangat diperlukan dalam pendidikan modern. Pada konteks pendidikan, berpikir kreatif matematis mencakup kemampuan untuk melihat dan memahami konsep matematika secara mendalam dan inovatif, mengidentifikasi pola, serta mengembangkan solusi kreatif untuk masalah yang kompleks. Hasil penelitian Havoold menegaskan bahwa kemampuan berpikir kreatif matematis sangat penting bagi siswa, karena keterampilan ini tidak hanya membantu mereka memecahkan masalah matematika, tetapi juga mendukung perkembangan individu dan masyarakat secara keseluruhan. Berpikir kreatif matematis juga melatih siswa untuk melihat suatu masalah dari berbagai sudut pandang, mengembangkan kemampuan analitis, dan menciptakan solusi inovatif yang bermanfaat dalam berbagai aspek kehidupan (Haavold dkk., 2020; Yayuk dkk., 2020).

Kemampuan berpikir kreatif matematis juga sangat penting untuk meningkatkan kemampuan *problem-solving*. Kemampuan ini memungkinkan siswa untuk mendekati masalah dengan cara yang inovatif dan tidak konvensional. Menurut Polya (1957), *problem-solving* dalam matematika memerlukan kreativitas dan kemampuan untuk berpikir secara *out of the box*. Siswa yang mampu berpikir kreatif dapat melihat berbagai solusi untuk satu masalah, mengidentifikasi pendekatan yang paling efektif, dan mengaplikasikan solusi tersebut dengan cara yang efisien. Hal ini penting tidak hanya dalam konteks matematika, tetapi juga dalam kehidupan sehari-hari di mana individu sering kali harus menghadapi dan menyelesaikan masalah yang kompleks.

Selain itu, kemampuan berpikir kreatif matematis berkontribusi pada pengembangan kemampuan kognitif secara keseluruhan. Berpikir kreatif melibatkan proses kognitif tingkat tinggi seperti analisis, sintesis, dan evaluasi. Menurut Steinberg (2013), keterampilan berpikir kreatif matematis sangat penting dalam membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan logis yang kuat. Ketika siswa terlibat dalam aktivitas yang menantang secara matematis, mereka belajar bagaimana mengidentifikasi pola, membuat generalisasi, dan mengembangkan argumen yang logis. Hal ini tidak hanya membantu mereka dalam matematika, tetapi juga dalam mata pelajaran lain dan dalam kehidupan sehari-hari di mana kemampuan untuk berpikir secara kritis dan logis sangat berharga.

Kemampuan berpikir kreatif matematis juga mempersiapkan siswa untuk karier masa depan. Pada persaingan dunia kerja yang semakin dipengaruhi oleh teknologi dan data, keterampilan berpikir kreatif matematis menjadi sangat berharga. Banyak karir di bidang STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) membutuhkan keterampilan ini. Menurut laporan dari *National Science Foundation* (2019), pekerjaan di bidang STEM terus tumbuh dan membutuhkan individu yang memiliki keterampilan berpikir kreatif dan analitis yang kuat. Selain itu, keterampilan ini juga relevan dalam bidang non-STEM seperti bisnis, seni, dan humaniora. Siswa yang memiliki kemampuan berpikir kreatif matematis akan memiliki keunggulan kompetitif di pasar kerja dan lebih siap menghadapi tantangan karir di masa depan.

Akan tetapi, fakta di lapangan menunjukkan bahwa siswa kesulitan dalam berpikir kreatif karena mereka tidak percaya diri dan menganggap matematika adalah pelajaran yang sulit (Dalilan & Sofyan, 2022). Siswa juga kesulitan dalam menemukan dan menentukan rumus untuk menyelesaikan permasalahan matematika (Utami dkk., 2020). Banyak siswa menganggap pembelajaran matematika kurang menarik karena pendidik cenderung hanya menyampaikan materi secara langsung tanpa memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan analisis, sintesis, dan kreativitas (Ananda, 2019).

Berdasarkan hasil penelitian Sirajudin dkk. (2021), menyatakan bahwa pengajaran tradisional belum optimal meningkatkan keterampilan berpikir kreatif matematis siswa. Keterampilan berpikir matematis siswa Indonesia masih berada dalam kategori rendah (Darwanto dkk., 2016; Priyanto & Dharin, 2021; Waluya dkk., 2021). Selain itu, penelitian Dewi dkk. (2019) menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif di Indonesia masih tergolong rendah. Berdasarkan data *The Global Creativity Index* tahun 2015, Indonesia menempati peringkat 115 dari 139 negara. Rendahnya kompetensi berpikir kreatif siswa disebabkan oleh kurangnya pelatihan dari guru dalam mengembangkan keterampilan tersebut. Hal ini diperkuat oleh tanggapan siswa yang lebih banyak belajar melalui metode hafalan dibandingkan dengan pemahaman konsep, karena bahasa yang digunakan dalam pembelajaran cenderung sama dengan yang terdapat di buku pelajaran (Hidayat & Widjajanti, 2018).

Beigitupun hasil penelitian pendahuluan yang peneliti lakukan pada siswa SMP di kabupaten Kuningan pada tahun akademik 2023-2024, berdasarkan hasil analisis pengajaran soal siswa, menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif matematis siswa, yang diukur melalui empat indikator utama, yaitu *fluency* (kelancaran), *flexibility* (keluwesan), *originality* (keaslian), dan *elaboration* (penguraian) masih belum dikuasai secara optimal oleh mayoritas siswa. Hanya 42,96% siswa yang mampu menghasilkan banyak ide atau solusi (*fluency*), sementara 57,04% sisanya masih kesulitan. Indikator keluwesan mendapatkan nilai terendah, di mana hanya 38,50% siswa yang mampu melihat masalah dari berbagai sudut pandang dan menggunakan beragam strategi, menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih berpikir secara kaku.

Pada sisi lain, kemampuan menghasilkan ide-ide unik (*originality*) hanya dikuasai oleh 43,70% siswa, sementara kemampuan mengembangkan ide secara rinci dan terstruktur (*elaboration*) dikuasai oleh 39,30% siswa. Hal ini mencerminkan bahwa sebagian besar siswa masih kurang mampu berpikir secara inovatif dan mendalam dalam konteks matematis. Secara keseluruhan, hasil ini menekankan perlunya upaya lebih lanjut untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif, terutama dalam hal keluwesan dan penguraian, agar siswa lebih efektif dalam menyelesaikan masalah matematis.

Proses pembelajaran yang masih belum optimal perlu diperbaiki agar tujuan yang diharapkan dapat tercapai. Guru harus menerapkan metode pembelajaran yang inovatif sehingga dapat menciptakan suasana belajar yang interaktif. Dengan demikian, tujuan pembelajaran dapat diwujudkan secara lebih efektif dan maksimal (Luritawaty, 2019). Dalam mewujudkan proses pembelajaran yang efektif, diperlukan model pembelajaran yang tepat untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Beragam model pembelajaran yang berpusat pada siswa dapat diterapkan dalam pembelajaran matematika guna mencapai tujuan tersebut. Selain itu, inovasi dalam metode pembelajaran yang terintegrasi dengan teknologi perlu dikembangkan agar mampu mendorong siswa untuk berpikir lebih kreatif sesuai dengan tuntutan zaman saat ini.

Selain kemampuan berpikir kreatif matematis, otonomi belajar siswa merupakan salah satu keterampilan yang penting untuk ditingkatkan (Widodo dkk., 2021). Otonomi belajar adalah kemampuan siswa untuk bertanggung jawab atas pembelajarannya sendiri, termasuk dalam penetapan tujuan, pemilihan metode, dan evaluasi terhadap hasil belajar (Holec, 1981). Otonomi belajar melibatkan kebebasan dan kemampuan siswa dalam mengatur pembelajaran mereka sendiri, baik dari segi waktu, tempat, dan cara belajar, serta mengevaluasi kemajuan mereka (Benson, 2001). Selain itu otonomi belajar dapat juga didefinisikan sebagai kemampuan siswa untuk mengambil tanggung jawab atas pembelajaran mereka sendiri. Ini mencakup kemampuan untuk menetapkan tujuan belajar, memilih strategi dan sumber belajar, serta mengevaluasi hasil belajar mereka sendiri (Warfield dkk., 2005).

Dengan memberikan siswa kendali atas pembelajaran mereka, siswa cenderung merasa lebih termotivasi dan terlibat karena memiliki tanggung jawab pribadi terhadap keberhasilan mereka. Otonomi belajar mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan manajemen waktu, pemecahan masalah, dan kemampuan berpikir kritis dan kreatif yang sangat penting dalam kehidupan akademik dan profesional (Littlewood, 1996). Otonomi belajar pun diyakini berkorelasi dengan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa, adanya otonomi belajar, memberikan siswa kebebasan untuk memilih metode dan pendekatan mereka dalam menyelesaikan masalah. Siswa cenderung mencoba berbagai strategi pemecahan masalah dan berpikir di luar kebiasaan, yang merupakan inti dari berpikir kreatif dalam matematika (Benson, 2011).

Siswa memiliki kesempatan untuk mengeksplorasi konsep-konsep matematika tanpa tekanan atau batasan ketat. Eksplorasi bebas ini memungkinkan siswa menemukan pola, hubungan, dan solusi baru yang mungkin tidak ditemukan melalui pendekatan yang lebih terstruktur. Siswa yang percaya diri lebih mungkin mengambil risiko dalam mencoba pendekatan baru atau mengeksplorasi solusi yang tidak konvensional dalam memecahkan masalah matematika. Keterampilan metakognitif ini penting untuk mengembangkan kemampuan berpikir kreatif, karena siswa dapat secara reflektif mempertimbangkan berbagai pendekatan dan solusi. Pada konteks pendidikan matematika, otonomi belajar memfasilitasi lingkungan di mana siswa dapat mengembangkan dan mengasah kemampuan berpikir kreatif mereka melalui pemecahan masalah yang mandiri, eksperimen, dan refleksi (Jia dkk., 2019; Niu dkk., 2022).

Berdasarkan hasil penelitian, pendekatan pembelajaran yang dapat meningkatkan motivasi dan otonomi belajar siswa serta mengasah kemampuan berpikir kritis, berkomunikasi, dan berkolaborasi adalah pembelajaran yang menggunakan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) (León dkk., 2014). STEM dapat membantu guru menyampaikan materi dengan cara yang lebih menyenangkan dan bermakna, karena STEM mengintegrasikan empat subjek yaitu *Science, Technology, Engineering, Mathematics* sekaligus dalam pembelajaran, secara lebih menantang, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih relevan bagi siswa (McDonald, 2016).

Pada Kurikulum 2013 dan Kurikulum Merdeka, mata pelajaran sains sudah mulai diberikan kepada peserta didik di kelas 3 sekolah dasar. Jadi sebenarnya pembelajaran STEM sudah bisa dilakukan dengan siswa di kelas rendah, namun, banyak guru yang masih belum familiar dengan pendekatan ini, ditambah lagi dengan kurangnya sumber belajar STEM yang tersedia. Guru juga umumnya enggan menerapkan pembelajaran STEM karena dianggap menyita waktu dan biaya, serta melibatkan teknologi yang mahal dan rumit (Ismail dkk., 2016).

Kendala-kendala tersebut, ditambah dengan orientasi pendidikan di Indonesia yang masih menitikberatkan pada kognisi siswa dan kesulitan dalam menyesuaikan kurikulum yang ada, membuat penerapan STEM kurang mendapat perhatian. Namun, sebenarnya STEM memiliki potensi besar untuk membantu kesuksesan siswa di abad ke-21. Secara umum, pendekatan STEM bertujuan untuk: 1) mengembangkan keterampilan berpikir kreatif, logis, inovatif, dan produktif; 2) menanamkan semangat kerja sama dalam pemecahan masalah serta memperkenalkan dan mempersiapkan siswa menghadapi dunia kerja; 3) memanfaatkan teknologi sebagai sarana menciptakan serta mengomunikasikan solusi inovatif; 4) menjadi media dalam mengembangkan kemampuan menemukan serta menyelesaikan masalah; dan 5) mewujudkan keterampilan abad ke-21 dengan menghubungkan pengalaman nyata ke dalam proses pembelajaran melalui peningkatan pemahaman sains dan literasi teknologi siswa (Kelley & Knowles, 2016). Siswa disuguhkan dengan permasalahan nyata yang terjadi di sekitar mereka dan mencari solusi dari masalah tersebut melalui aktivitas riset, untuk mendorong keaktifan dan rasa ingin tahu siswa. Pada riset tersebut, para siswa juga diberi kesempatan untuk berkomunikasi dan berkolaborasi dengan siswa lain yang juga mendapatkan stimulus dari gurunya sehingga dapat mengembangkan pola pikir dan memperdalam pengetahuan yang mereka miliki (Sirajudin dkk., 2021).

Selama satu dekade terakhir, transformasi digital dalam pendidikan telah menjadi topik penting yang menarik perhatian banyak peneliti dan praktisi pendidikan. Adanya pandemi *Covid19* telah mengubah paradigma pendidikan dan memaksa semua elemen pendidik untuk dapat menggunakan teknologi sebagai alat bantu pembelajaran *online* sebagai solusi yang dapat meminimalisir penyebaran *Covid 19*. Penyesuaian metode pembelajaran yang tepat sangatlah penting dalam

usaha mitigasi *learning loss* akibat pembelajaran *online*, sebab jika metode pembelajaran masih sama seperti sebelumnya tanpa melakukan penyesuaian terhadap kebutuhan siswa, motivasi siswa akan berkurang yang berujung pada semakin menurunnya kemampuan siswa. Pembelajaran *online* menjadi salah satu solusi efektif untuk mengatasi kendala dalam pembelajaran tatap muka, terutama dengan adanya aturan *social distancing* yang pernah diberlakukan pada beberapa waktu ke belakang. Sistem ini membantu mengatasi permasalahan terkait waktu, lokasi, jarak, dan biaya, yang saat ini menjadi tantangan utama dalam proses pembelajaran (Kusuma & Hamidah, 2020).

Meskipun *social distancing* telah berakhir, pembelajaran *online* tetap memiliki manfaat dan potensi yang besar dalam dunia pendidikan. Pembelajaran *online* menawarkan fleksibilitas waktu dan tempat, memungkinkan siswa dan pekerja untuk mengakses materi kapan saja dan di mana saja. Dengan pendekatan yang lebih personal, siswa dapat belajar sesuai dengan kecepatan dan gaya mereka sendiri. Potensi besar pembelajaran *online* setelah *social distancing* meliputi penerapan pembelajaran *hybrid*, yang menggabungkan pembelajaran daring dan tatap muka, serta memperkenalkan teknologi canggih seperti AI, AR, dan VR untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan efektif (Gunawan; Suranti, 2020).

Berdasarkan hasil studi pendahuluan terhadap siswa dan guru di Kabupaten Kuningan pada tahun 2023-2024, didapatkan hasil bahwa pembelajaran daring yang diterapkan selama pandemi menghadapi berbagai tantangan yang signifikan, terutama dari segi teknis dan motivasi belajar siswa. Kendala terbesar berasal dari jaringan internet yang tidak stabil, yang dialami oleh 56,7% siswa, sehingga menghambat akses ke materi pembelajaran dan interaksi dengan guru maupun teman sebaya. Selain itu, 16,7% siswa mengalami masalah pada perangkat yang tidak memadai, seperti komputer atau *smartphone* yang tidak mendukung aplikasi pembelajaran daring. Keterbatasan ini diperparah dengan fitur *Learning Management System* (LMS) yang dinilai kurang memadai oleh 76,7% siswa. LMS yang tidak intuitif dan terbatas dalam penyampaian materi, tugas, serta evaluasi mengurangi efektivitas proses belajar-mengajar secara daring. Sebaliknya, hanya 23,3% siswa yang merasa bahwa LMS sudah memenuhi kebutuhan belajar mereka.

Selanjutnya berdasarkan hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa pemahaman guru matematika SMP di Kabupaten Kuningan terhadap STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dan *Digital Learning Spaces* (DLS) masih tergolong rendah. Berdasarkan instrumen yang digunakan, ditemukan bahwa hanya 35% guru yang secara aktif mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sementara 65% lainnya masih terbatas dalam mengakses dan menerapkan inovasi terbaru dalam pendidikan. Dalam aspek keterampilan 4C abad 21, hanya 40% guru yang memahami dan mampu mengintegrasikan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi dalam pembelajaran, sementara 60% lainnya masih mengalami kesulitan dalam menerapkan konsep ini. Selain itu, hanya 38% guru yang merasa memahami konsep pembelajaran di era digital, dan 62% masih memiliki keterbatasan dalam mengadopsi teknologi dalam proses pembelajaran.

Dalam aspek pemahaman STEM, hanya 30% guru yang memahami secara mendalam konsep STEM dan cara mengintegrasikan keempat unsurnya dalam pembelajaran, sementara 70% lainnya masih kurang memahami bagaimana STEM dapat diterapkan dalam konteks pembelajaran matematika. Selain itu, hanya 28% guru yang memahami langkah-langkah pembelajaran berbasis proyek (PjBL) STEM, yang menunjukkan bahwa pendekatan ini masih belum banyak digunakan di kelas. Terakhir, terkait partisipasi dalam komunitas penggiat STEM, hanya 25% guru yang tertarik bergabung dalam komunitas yang mengembangkan PjBL STEM, sedangkan 75% lainnya masih kurang aktif dalam kolaborasi profesional yang dapat membantu meningkatkan keterampilan dan wawasan mereka dalam pembelajaran STEM.

Selain kendala teknis, kurangnya motivasi, rendahnya pemahaman materi, dan minimnya otonomi belajar menjadi tantangan lain yang tidak kalah penting. Sebanyak 33,3% siswa mengaku kurang termotivasi mengikuti pembelajaran daring karena lingkungan belajar di rumah yang tidak kondusif dan minimnya interaksi sosial dengan teman maupun guru. Pembelajaran daring sering dianggap monoton, sehingga sulit bagi siswa untuk tetap fokus dan antusias. Ketidakhadiran guru secara fisik turut mengurangi efektivitas pembelajaran, sebagaimana dirasakan oleh 26,7% siswa. Akibatnya, sebanyak 83,3% siswa merasa kesulitan memahami

materi yang diajarkan selama pembelajaran daring, menunjukkan bahwa teknologi saja belum cukup untuk menggantikan interaksi tatap muka dalam proses belajar. Selain itu, kurangnya otonomi belajar membuat siswa kesulitan untuk memotivasi diri sendiri, mengatur waktu secara mandiri, dan menyelesaikan tugas tanpa pengawasan langsung. Meskipun pembelajaran daring memberikan peluang untuk mendorong kemandirian siswa, penerapannya belum sepenuhnya optimal, terutama bagi siswa yang masih bergantung pada arahan langsung dari guru.

Secara keseluruhan, hasil studi ini mengindikasikan bahwa perlunya ada inovasi pendidikan yang konsisten di era digital, pendidikan harus beradaptasi dengan perkembangan teknologi untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan global, di mana pendekatan pembelajaran berbasis STEM dan PjBL menjadi solusi dalam meningkatkan keterampilan abad ke-21, termasuk berpikir kreatif matematis dan otonomi belajar. STEM mendorong pemecahan masalah matematis secara inovatif melalui eksplorasi dan eksperimen, sementara PjBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengelola proyek mandiri yang menumbuhkan refleksi dan evaluasi diri. Pembelajaran berbasis proyek ini memperkuat pemikiran kritis, kreativitas, serta kolaborasi, sedangkan integrasi teknologi dalam STEM memungkinkan siswa mengakses informasi lebih luas untuk pembelajaran mandiri. Meskipun tantangan seperti kurangnya pemahaman guru dan keterbatasan fasilitas masih ada, namun implementasi yang tepat, dalam pendekatan STEM dalam model PjBL memungkinkan siswa untuk menerapkan konsep-konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam menyelesaikan masalah kompleks, sehingga meningkatkan keterampilan analitis dan kreatif mereka (Capraro et al., 2013).

Proses pembelajaran PjBL dengan pendekatan STEM dimulai dengan pengajuan masalah atau tantangan yang kontekstual. Siswa kemudian melakukan eksplorasi, merancang solusi, dan mempresentasikan hasil proyek mereka. Pendekatan ini memberikan pengalaman belajar yang bermakna karena siswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu menerapkannya dalam situasi nyata. PjBL berbasis STEM terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan *problem-solving*, dan motivasi belajar siswa (Krajcik & Blumenfeld, 2006). Penelitian oleh Han et al. (2021) menunjukkan bahwa penerapan PjBL

berbasis STEM secara signifikan dapat meningkatkan kreativitas siswa dalam memecahkan masalah serta membangun kemandirian belajar. Selain itu, model ini juga mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan global, terutama dalam bidang STEM yang terus berkembang pesat.

Integrasi PjBL dan STEM sangat relevan untuk menciptakan generasi yang siap menghadapi tantangan di era Revolusi Industri 4.0, terutama dengan adanya kemajuan teknologi informasi yang pesat, yang telah mendukung terselenggaranya pembelajaran *e-learning* melalui *Digital Learning Space* (DLS). DLS berkembang sejalan dengan teori *Networked- Learning*, dimana pembelajaran seharusnya dapat terhubung secara global melalui teknologi (Boholano, 2017). DLS dapat menjadi salah solusi dari permasalahan yang telah dikemukakan diatas. DLS adalah lingkungan belajar *virtual* dan *open acces* yang dapat memfasilitasi guru dan siswa untuk belajar mengajar secara sinkronous maupun asinkronous. DLS memiliki kelebihan diantaranya: peserta didik dapat mengakses materi pembelajaran setiap saat, sehingga menumbuhkan otonomi belajar siswa yang lebih baik, adanya evaluasi yang mengukur pemahaman konsep siswa, mempunyai interaktifitas pengguna tinggi. Selain itu DLS dilengkapi dengan fitur *Learning Community* yang memungkinkan guru/ penggerak pendidikan untuk berbagi materi/pengalaman yang akan sangat bermanfaat dalam pengembangan kompetensi berkelanjutan, khususnya dalam menunjang program pemerintah Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM). Chourishi (2015) menyampaikan bahwa DLS dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran siswa dengan sangat baik.

Penggunaan teknologi berbasis web, seperti Platform *Digital Learning Spaces* (DLS), memberikan peluang untuk mendukung implementasi PjBL STEM secara lebih efektif. DLS menawarkan fleksibilitas dalam pembelajaran dan menyediakan fitur-fitur yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan belajar siswa, seperti lingkungan pembelajaran pribadi (*Personal Learning Environment*) yang dapat mendorong siswa untuk lebih mandiri. Integrasi teknologi dalam proses belajar mengajar, terutama *melalui digital learning spaces*, menawarkan potensi besar untuk meningkatkan kualitas pendidikan.

Beberapa studi telah mengeksplorasi efektivitas DLS secara umum, serta manfaat pembelajaran STEM secara terpisah. Studi seperti yang dilakukan oleh Rogers (2019) menunjukkan bahwa DLS dapat meningkatkan keterlibatan siswa, sementara penelitian oleh Kelley dan Knowles (2016) menegaskan pentingnya pendekatan STEM dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21. Beberapa penelitian, seperti yang dilakukan oleh Margot & Kettler (2019), telah membahas pentingnya literasi digital dan keterampilan teknologi dalam pembelajaran STEM. Penelitian lain oleh Dziuban dkk. (2018) menyoroti bahwa DLS dapat membantu mengembangkan keterampilan teknologi.

DLS yang dikembangkan dilengkapi dengan materi dan video pembelajaran STEM, pengunggahan tugas, penilaian dan forum diskusi secara *online*, soal-soal yang disajikan adalah soal soal sains dan matematika tipe TIMSS dan PISA. Adapun keunggulan platform *digital learning spaces* dengan pendekatan pembelajaran STEM terletak pada kemampuannya untuk menyediakan lingkungan belajar yang lebih mudah diakses, interaktif, dan personal. Integrasi teknologi dalam pendidikan STEM melalui ruang pembelajaran digital tidak hanya memperkaya pengalaman belajar siswa, tetapi juga mempersiapkan mereka dengan keterampilan yang relevan untuk masa depan. Menurut penelitian Rahmawati et al. (2023), penerapan platform digital berbasis PjBL STEM mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreativitas siswa sekaligus memfasilitasi pembelajaran mandiri.

Studi oleh Moore-Russo dkk., (2015) menunjukkan bahwa personalisasi dalam *digital learning spaces* dapat meningkatkan hasil belajar. Di sisi lain, penelitian oleh (Beers, 2011) menekankan pentingnya pendekatan yang dipersonalisasi dalam pendidikan STEM. Penelitian oleh Bygstad dkk., (2022) menyoroti bahwa DLS dapat mendukung kolaborasi dan komunikasi yang lebih baik di antara siswa. Sementara itu, studi oleh León dkk., (2014) dan Shankar & Robinson, (2024) menyatakan bahwa motivasi, kolaborasi dan otonomi belajar adalah komponen kunci dalam pembelajaran STEM.

Meskipun telah banyak diuraikan tentang potensi integrasi DLS dengan pendekatan STEM, masih terdapat kesenjangan dalam penelitian mengenai bagaimana DLS dapat difasilitasi untuk mendukung kolaborasi dan otonomi belajar yang efektif dalam konteks pembelajaran STEM. Penelitian yang mengkaji bagaimana DLS dapat dioptimalkan secara khusus untuk pembelajaran STEM masih sedikit dan belum banyak diteliti. Penelitian yang menggabungkan kedua aspek ini masih terbatas, terutama dalam konteks bagaimana teknologi digital dapat secara efektif digunakan untuk mengajarkan konsep STEM yang kompleks dan beragam. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi praktik terbaik dan alat yang dapat digunakan untuk meningkatkan interaksi kolaboratif dalam pembelajaran STEM di ruang digital. Penelitian lebih lanjut juga diperlukan untuk mengeksplorasi metode personalisasi yang paling efektif dan bagaimana metode ini dapat diterapkan dalam berbagai disiplin STEM untuk meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa.

Pengembangan Platform DLS melalui Model PjBL dengan pendekatan STEM ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dengan menyediakan pengalaman belajar yang lebih interaktif, menarik, dan relevan dengan kehidupan nyata. Penelitian ini juga diharapkan dapat menunjukkan bahwa integrasi DLS dengan pendekatan STEM efektif dalam mengembangkan keterampilan abad 21, seperti pemecahan masalah, kolaborasi, kreativitas, dan literasi digital, yang sangat penting untuk kesuksesan di dunia kerja modern. Integrasi DLS dalam pendidikan STEM diharapkan dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dengan memberikan mereka kontrol lebih besar atas pembelajaran mereka dan menggabungkan teknologi yang mereka minati. DLS berbasis STEM ini diharapkan dapat meningkatkan aksesibilitas pendidikan berkualitas bagi siswa di berbagai lokasi, termasuk daerah terpencil, serta mendukung inklusi bagi siswa dengan kebutuhan khusus melalui penyesuaian dan teknologi yang mendukung.

## 1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan uraian pada latar belakang diatas, maka pertanyaan penelitian yang dirumuskan adalah:

1. Bagaimana kondisi awal kemampuan berpikir kreatif matematis dan otonomi belajar siswa di tingkat SMP sebelum penerapan platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM?
2. Bagaimana pengembangan platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis dan otonomi belajar siswa?
3. Apa saja komponen dan fitur dalam platform DLS dengan pendekatan STEM yang dikembangkan?
4. Bagaimana validitas dan praktikalitas platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM yang dikembangkan?
5. Bagaimana efektivitas penggunaan platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa?
6. Bagaimana efektivitas penggunaan platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan otonomi belajar siswa pada pembelajaran matematika di SMP?
7. Bagaimana peningkatan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa ditinjau dari level peningkatan otonomi belajar setelah menggunakan platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM?
8. Bagaimana persepsi siswa terhadap platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM setelah melaksanakan pembelajaran?
9. Bagaimana peningkatan pemahaman guru terhadap pendekatan STEM dan *Digital Learning Spaces* setelah dilaksanakan diseminasi hasil penelitian?
10. Apa saja tantangan yang dihadapi dalam pengembangan dan implementasi platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM, serta bagaimana solusi yang dapat diusulkan untuk menghadapi tantangan tersebut?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendeskripsikan kondisi awal kemampuan berpikir kreatif matematis dan otonomi belajar siswa di tingkat SMP sebelum penerapan platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM.
2. Mengembangkan platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM.
3. Mengidentifikasi komponen dan fitur utama yang dirancang dalam platform DLS berbasis model PjBL dengan pendekatan STEM.
4. Menganalisis validitas dan praktikalitas platform DLS berbasis model PjBL dengan pendekatan STEM yang dikembangkan.
5. Mengukur efektivitas platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa.
6. Mengukur efektivitas platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan otonomi belajar siswa.
7. Menganalisis peningkatan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa berdasarkan level peningkatan otonomi belajar setelah menggunakan platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM.
8. Menggali persepsi siswa terhadap platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM.
9. Menganalisis peningkatan pemahaman guru terhadap pendekatan STEM dan *Digital Learning Spaces* setelah dilaksanakan diseminasi penelitian.
10. Mengidentifikasi tantangan dalam pengembangan dan implementasi Platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM.

### 1.4 Manfaat/ Signifikansi Penelitian

Pada penelitian ini manfaat dibagi menjadi dua yakni manfaat teoritis yakni manfaat yang didapatkan dari ilmu yang diperoleh, dan manfaat praktis yakni manfaat yang didapatkan melalui aplikatif penelitian ini. Berikut rincian manfaat penelitian secara spesifik:

## 1) Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan berkontribusi memperkaya khazanah pengetahuan dan keilmuan bagi para pendidik yang akan mengembangkan model pembelajaran daring secara efektif. disamping itu, penelitian tentang efektivitas penggunaan platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM masih jarang ditemukan sehingga dapat memperkuat posisi keilmuan adanya penelitian ini, khususnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa.

## 2) Manfaat Praktis

Hasil temuan dalam penelitian akan memberi manfaat :

- a. Bagi siswa, platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM memberikan kesempatan kepada siswa untuk menyelesaikan masalah secara kreatif melalui proyek-proyek berbasis sains, teknologi, teknik, dan matematika. Dengan demikian, siswa memiliki kesempatan untuk mengembangkan kemampuan berpikir divergen, menghasilkan ide-ide inovatif, dan mengaplikasikannya dalam kehidupan nyata. Pembelajaran online memungkinkan mereka untuk mengakses materi kapan saja dan di mana saja, memberi kebebasan untuk belajar sesuai dengan kecepatan dan gaya belajar individu, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal dan efektif. Platform ini dirancang untuk memfasilitasi pembelajaran mandiri dengan fitur-fitur yang mendukung siswa dalam mengatur waktu, mengakses sumber belajar, dan mengevaluasi kemajuan mereka. Hal ini membantu siswa menjadi pembelajar yang lebih mandiri dan bertanggung jawab atas proses belajarnya.
- b. Bagi Guru, platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM ini dapat dijadikan salah satu media pembelajaran yang cocok digunakan pada saat pembelajaran *online* ataupun secara *blended learning*. Karena kelebihan DLS mudah diakses oleh guru dan siswa untuk membangun sistem pembelajaran baik di dalam kelas maupun di luar kelas. Selain itu, DLS juga mendukung kolaborasi dan komunikasi yang lebih efektif antara siswa dan antara siswa dengan guru. Melalui

platform DLS, siswa dapat bekerja sama dalam proyek STEM, berbagi ide, dan menyelesaikan masalah secara kolektif meskipun berada di lokasi yang berbeda. Ini memperkaya pengalaman belajar mereka dengan perspektif yang beragam dan mendorong keterampilan kolaboratif yang penting dalam dunia kerja.

- c. Bagi instansi pendidikan, pendidik, komunitas penggiat STEM di Indonesia dengan adanya fitur *community sharing* dapat berbagi pengetahuan, wawasan dan pengalaman dalam menerapkan STEM di berbagai daerah di Indonesia.
- d. Bagi pemerintah model pembelajaran DLS berbasis STEM dapat mendukung program merdeka belajar yang dicanangkan, karena DLS ini sangat cocok untuk menjangkau wilayah yang lebih luas (wilayah 3T) dalam meningkatkan partisipasi peserta didik untuk belajar.
- e. Bagi Peneliti lain, penelitian ini dapat dijadikan referensi penelitian, dalam mengembangkan penelitian sejenis namun dengan *novelty* tersendiri.

## 1.5 Definisi Operasional

- a. **Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis** adalah kemampuan untuk memecahkan masalah matematika, mengembangkan ide-ide dalam struktur matematika, membuat kesimpulan logis-deduktif / induktif yang tidak biasa dari disiplin ilmu atau studi yang relevan, dan menghasilkan solusi yang berbeda secara tepat dan efektif. Adapun indikator-indikator dari kemampuan kreativitas matematika siswa terdiri dari domain yaitu kreativitas dalam proses dan hasil, adapun kemampuan berpikir kreatif matematis memiliki indikator: (1) Keluwesan (*fluency*); (2) Kelenturan (*flexibility*); (3) Keaslian (*originality*); (4) Keterperincian (*elaboration*).
- b. **PjBL-STEM** adalah singkatan dari *Project-Based Learning* (PjBL) dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) yang merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika ke dalam aktivitas berbasis proyek untuk memecahkan masalah nyata. Dalam

penelitian ini, PjBL-STEM diterapkan melalui *Platform Digital Learning Spaces* (DLS), di mana siswa secara aktif merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi proyek yang relevan dengan pembelajaran matematika. Adapun langkah-langkah pembelajaran *Project-Based Learning (PjBL)*-STEM melalui tahapan: (1) *Start with Essential Question*; (2) *Design a Plan for the Project*; (3) *Creating products and ensuring completion schedules*; (4) *Monitor Student Progress*; (5) *Assess the Outcome*; dan (6) *Reflection*.

- c. **Ruang Belajar Digital (Digital Learning Spaces)** adalah lingkungan belajar *virtual online* dan *open acces* yang mulai berkembang seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan integrasinya dalam pendalaman konsep pendidikan yang berkelanjutan. DLS mendukung personalisasi pembelajaran melalui komponen *Personal Learning Environment* (PLE) untuk siswa dan *Personal Teaching Environment* (PTE) untuk guru. *Platform* ini memfasilitasi dosen/guru/pengajar atau lebih dikenal sebagai fasilitator yang memfasilitasi para peserta dengan melibatkan diri dan berinteraksi dengan para peserta secara sinkron maupun asinkron.
- d. **Otonomi belajar** didefinisikan sebagai kemampuan untuk bertanggung jawab atas pembelajarannya sendiri. Otonomi belajar siswa adalah ketika siswa mengambil kendali dan tanggung jawab untuk pembelajaran mereka sendiri, baik dalam hal apa yang mereka pelajari dan bagaimana mereka mempelajarinya. Adapun indikator otonomi belajar yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah: 1) Mampu mengembangkan strategi belajar yang tepat secara mandiri; 2) Mampu berkomunikasi dan berkolaborasi dalam menyelesaikan tugas; 3) Mampu menyusun strategi yang baik dalam menyelesaikan masalah; 4) Mengutamakan akurasi dan ketepatan dalam mengerjakan tugas, dan melakukan refleksi terhadap hasil pembelajaran; dan 5) mengatur waktu dengan baik, bertanggung jawab dalam menyelesaikan tugas.

## 1.6 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada pengembangan Platform *Digital Learning Spaces* (DLS) dalam *Project-Based Learning* (PjBL) dengan pendekatan *Science, Technology, Engineering, Mathematics* (STEM) untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis dan otonomi belajar siswa di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP). Subjek penelitian melibatkan siswa SMP di Kabupaten Kuningan, Jawa Barat, dengan uji coba dilakukan secara bertahap, meliputi uji coba skala kecil, uji coba terbatas, dan uji lapangan di Kabupaten Kuningan, Jawa Barat, pada tahun akademik 2023-2024. Fokus penelitian pengembangan meliputi uji validasi, praktikalitas, dan efektivitas platform DLS yang dikembangkan, dengan penilaian yang berpusat pada peningkatan kemampuan berpikir kreatif matematis serta otonomi belajar siswa. Pengembangan platform dilakukan menggunakan model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*). Model 4D digunakan karena kesederhanaannya dan kemampuannya untuk secara sistematis mengembangkan dan menyebarluaskan perangkat pembelajaran yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana penggunaan platform DLS yang dapat berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis dan otonomi siswa. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis hubungan antara peningkatan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa yang ditinjau dari level peningkatan otonomi belajar yang dicapai setelah penggunaan platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM, apakah ada perbedaan signifikan antara siswa dengan tingkat otonomi belajar yang berbeda. Penelitian ini juga berupaya menggali respons siswa terhadap platform DLS dalam model PjBL dengan pendekatan STEM yang dikembangkan, mengevaluasi hasil peningkatan pemahaman guru terhadap pendekatan STEM dan DLS setelah dilaksanakannya tahap diseminasi, serta mengetahui tantangan dan saran dan rekomendasi dalam implementasinya.