

BAB I

PENDAHULUAN

Bagian ini menguraikan tentang latar belakang permasalahan yang menjadi fokus dari penelitian, yaitu pemecahan masalah, kemampuan berpikir matematis, kemampuan berpikir komputasional, pedagogi digital, materi matematika bilangan berpangkat, bentuk akar, dan persamaan kuadrat, serta desain pembelajaran berbasis pedagogi digital untuk mengembangkan kemampuan berpikir matematis dan kemampuan berpikir komputasional. Kemudian uraian berikutnya mengenai rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, definisi operasional, serta batasan penelitian.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Pemecahan masalah merupakan kemampuan penting yang harus dikuasai siswa dalam pembelajaran matematika (Jäder dkk., 2020). Tanpa kemampuan tersebut, siswa akan kesulitan dalam memecahkan permasalahan kehidupan sehari-hari (Susanti dkk., 2021). Fokus kurikulum di Indonesia dalam memahami materi matematika, salah satunya dengan mengembangkan kompetensi siswa dalam pemecahan masalah sehari-hari (pemahaman matematis dan kecakapan prosedural), untuk berbagai konteks sebagai kemampuan untuk memahami, mengimplementasikan, mengevaluasi, dan merefleksikan fakta, konsep, operasi, prinsip, serta relasi matematis (Kemdikbudristekdikti, 2022). Sementara itu menurut NCTM, pengajaran dan pembelajaran matematika, serta pemecahan masalah merupakan fokus utama dalam mengembangkan pengetahuan matematika (NCTM, 2020). Untuk itu pemecahan masalah merupakan salah satu bagian terpenting dari tujuan utama pendidikan matematika.

Hasil kajian internasional seperti TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) dan PISA (*Programme for International Student Assessment*), khususnya di bidang matematika, menjadi tolok ukur standar yang tinggi dalam pemecahan masalah matematika. Beberapa negara yang memiliki keunggulan dilihat dari hasil kedua kajian tersebut di antaranya, Korea Selatan, Rusia, Taiwan, dan Jepang, ternyata menempatkan pemecahan masalah sebagai

komponen penting dalam kegiatan belajar mengajar matematika di sekolah. Komponen pemecahan masalah mereka representasikan secara langsung dalam buku-buku teks pelajaran dari sekolah dasar sampai sekolah menengah, dan memvisualisasikan praktiknya dalam kehidupan sehari-hari (Abdullah dkk., 2019). Sementara itu, di negara-negara lain yang memfokuskan pada kurikulum dan standar nasionalnya seperti di Australia, Kanada, India, Irlandia, Skotlandia, Singapura, Afrika Selatan, dan Swedia kini menekankan juga pentingnya kompetensi seperti pemecahan masalah, dan kemampuan menghubungkan antar konsep matematika (Boesen dkk., 2014; Davis dkk., 2014). Namun baru-baru ini, di beberapa negara maju lainnya ternyata pemecahan masalah menjadi kesulitan yang harus dihadapi siswa, terutama ketika mereka dihadapkan pada permasalahan kompleks dari soal-soal non rutin, seperti yang terjadi di Amerika Serikat dan Jerman (Abdullah dkk., 2019). Kenyataan ini ternyata memiliki ukuran kesulitan yang sama dengan di Indonesia, di mana pemecahan masalah menjadi satu permasalahan tersendiri, ketika siswa-siswa memang tidak terbiasa untuk menggunakannya pada saat proses belajar di kelas.

Hasil PISA tahun 2022 menunjukkan Indonesia memang mengalami peningkatan peringkat, yaitu Indonesia bisa mencapai posisi 67 untuk matematika dan 69 untuk literasi, sementara hasil PISA 2018 berada pada posisi 73 untuk matematika dan 74 untuk literasi. Namun ternyata setelah dikaji kembali, Indonesia mengalami adanya penurunan skor pada kemampuan matematika dan membaca yaitu sekitar 12-13 poin (PISA 2022 *Results*, 2023). Kemudian berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, ternyata siswa-siswa Indonesia baru sampai pada tahap mampu menginterpretasikan data yang tidak memerlukan inferensi detail dan rumit, merepresentasikan permasalahan sederhana, serta menerapkan algoritma dasar (Wijaya dkk., 2024). Sementara itu pemberlakuan kurikulum yang berlaku di Indonesia, pengembangan kompetensi matematika diarahkan terutama pada membangun pemecahan masalah (Permendikbud Nomor 35 Tahun 2018, 2018). Pernyataan ini berarti fokus guru dalam proses kegiatan belajar mengajar harus mengarah pada konstruksi kemampuan pemecahan masalah matematika, tidak hanya

sekedar pencapaian penyelesaian materi. Pemecahan masalah bukan hanya sekedar tujuan pembelajaran matematika, tetapi juga pendekatan untuk proses berpikir. Berbicara mengenai proses berpikir, berarti mengarah pada kegiatan mental yang mengkonstruksi kemampuan kognitif dalam kegiatan pembelajaran.

Pembelajaran yang menekankan pada penguasaan pengetahuan, teknik, konsep, dan keterampilan matematika merupakan kerangka kerja yang merujuk pada berbagai kemampuan matematika, serta sangat relevan dalam proses pembelajaran (Thanheiser, 2023). Kerangka kerja tersebut saling berkaitan dalam menumbuhkan kemampuan kognitif dan pemecahan masalah bagi siswa (Basaran & Berberoglu, 2012; Kurniasih dkk., 2020). Ketika berbicara tentang kemampuan kognitif dan pemecahan masalah dalam lingkup pembelajaran matematika, maka berpikir matematis menjadi satu kajian yang tidak terpisahkan. Berpikir matematis tidak hanya diwujudkan dalam bentuk angka dan konsep matematika abstrak tetapi dapat diwujudkan pada saat mengintegrasikan proses pemecahan masalah matematika di kehidupan sehari-hari dengan pengetahuan matematika (Onal dkk., 2017). Untuk itu berpikir matematis menjadi target utama dalam pembelajaran matematika (Stockero dkk., 2017). Pada lingkup pembelajaran di sekolah, proses berpikir matematis siswa merupakan tahapan yang harus dilalui siswa sehingga perkembangannya harus dipahami dan diketahui oleh guru. Mengetahui proses berpikir matematis siswa secara berkala, melalui analisis pekerjaan siswa secara tertulis dan tugas-tugas pemecahan masalah secara terperinci, merupakan bekal awal guru untuk menjadi seorang yang profesional dan siap menjadi fasilitator yang baik dalam proses pembelajaran matematika di sekolah (Tohir dkk., 2020). Selain itu, memahami proses berpikir matematis terungkap melalui serangkaian analisis tugas tertulis dan studi kasus yang dirancang khusus untuk menilai level berpikir siswa (Goos & Kaya, 2020). Kemampuan berpikir matematis merupakan suatu kecakapan berharga di bidang matematika, mempengaruhi kemampuan pemecahan masalah dan penalaran logis (Fouze & Amit, 2018). Pemikiran matematis dapat mengarah pada pemahaman yang lebih mendalam tentang kehidupan di sekitar kita

dan meningkatkan kemampuan untuk membuat keputusan berdasarkan informasi kuantitatif (Çelik & Özdemir, 2020).

Lebih jauh lagi, berbicara mengenai kemampuan berpikir matematis bukan hanya tentang kemampuan melakukan aritmatika atau memecahkan masalah sehari-hari saja, namun lebih kepada cara holistik dalam memandang segala sesuatu, memilah-milahnya hingga ke esensinya, baik numerik maupun struktural. Kondisi ini melibatkan berpikir di luar kebiasaan, yang merupakan kemampuan penting yang harus dimiliki dan dikembangkan di dunia saat ini. Terdapat empat komponen yang merupakan bagian dari proses kemampuan berpikir matematis yaitu *specializing*, *generalizing*, *conjecturing*, dan *convincing* (Mason dkk., 2010). *Conjecturing* terjadi melalui proses *specializing* dan *generalizing*. *Specializing* memberikan gambaran tentang permasalahan yang dihadapi; mendeteksi beberapa pola yang mendasarinya (*generalizing*) dan mengartikulusikannya, sehingga menghasilkan *conjecturing* yang dapat diperiksa dan dimodifikasi. Mendorong tindakan *specializing* dan *generalizing* dapat mendorong kemampuan siswa untuk memahami matematika serta memprediksi tentang adanya hubungan. Sementara itu *convincing* menjadi faktor penentu yang dapat meningkatkan proses kemampuan berpikir matematis, karena menjadi kondisi yang mendekatkan antar sesama siswa dalam memahami konsep-konsep matematika (Cardino & Ortega-Dela Cruz, 2020). Beberapa fakta yang ada di kelas-kelas matematika menyatakan bahwa sebaiknya guru mulai untuk memfokuskan pada pengembangan kemampuan berpikir matematis siswa dibandingkan hanya berfokus pada struktur matematikanya saja (Abdurrahman dkk., 2020). Untuk itu perlu sebuah kondisi yang memunculkan proses kemampuan berpikir matematis secara kontinu dalam pembelajaran sehari-hari siswa di kelas.

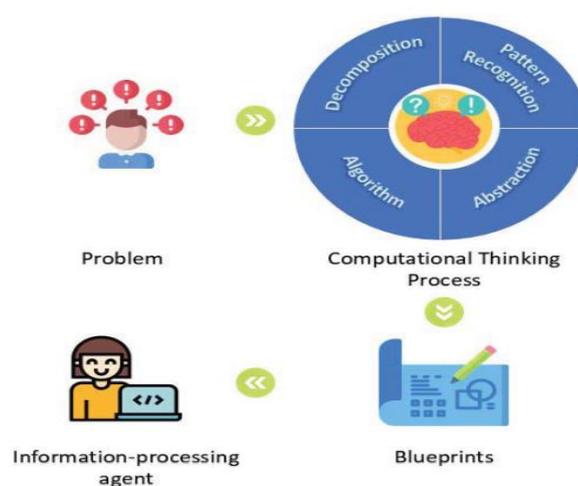
Berdasarkan pemaparan sebelumnya, kemampuan berpikir matematis siswa penting untuk dikembangkan oleh guru di kelas-kelas matematika. Seiring dengan perkembangan dunia digital saat ini yang juga memberikan pengaruh besar di dunia pendidikan, kemampuan berpikir matematis siswa terdampak oleh dinamisnya perkembangan teknologi yang secara langsung telah terintegrasi dalam praktik

pembelajaran di kelas (Monaghan dkk, 2016). Selain itu, cara teknologi digital memasuki dunia pendidikan matematika berpengaruh pada pentingnya merepresentasikan ide algoritma, yaitu ide dasar dalam ilmu komputer dan aktivitas pemrograman (Artigue, 2013). Penggunaan algoritma dalam banyak kasus penyelesaian permasalahan matematika adalah ketepatan jawaban, menghemat waktu, dan mencegah salah perhitungan (Jonsson dkk., 2014). Seseorang yang terbiasa dengan penggunaan berbagai strategi dalam penyelesaian permasalahan matematika, akan meningkatkan kemampuan berpikir matematis dan mengembangkan kreativitasnya dalam menyumbangkan ide-ide terkait sebagai bagian aktif dari konstruksi pengetahuan (Szabo dkk., 2020). Penjelasan konsep, proses berpikir, dan ide matematis mampu untuk terus dibangun ketika komitmen untuk meningkatkan kinerja pemecahan masalah semakin meningkat level kesulitannya (Albay, 2019).

Penilaian PISA 2022 berawal dari paradigma analisis PISA 2021, di mana terdapat penggabungan kemampuan berpikir matematis dan komputasional untuk pertama kalinya, yang mengharuskan kedua proses berpikir tersebut memiliki porsi besar dalam pembelajaran di Indonesia. Untuk mengeksplorasi ide dan cara berpikir dalam memecahkan masalah matematika tingkat tinggi, seseorang harus memiliki pemahaman yang baik tentang pemikiran komputasi (Kallia dkk., 2021). Hal ini merupakan sebuah pemikiran yang kompleks, dengan berbagai strategi menjawab permasalahan matematika yang memerlukan pola pikir algoritmik dan inovatif (Shailaja & Sridaran, 2015) Pemenuhan kebutuhan siswa dalam menyelesaikan permasalahan matematika menjadi problematika tersendiri bagi guru, terutama yang berhubungan dengan generasi saat ini yang mudah dalam mencari sumber informasi sehingga kemampuan berpikirnya menjadi kurang tergal dengan baik.

Ilmu berpikir yang diperoleh dari pemahaman matematika menjadi inti dari apa yang dilakukan komputer (Gravemeijer dkk., 2017), maka perlu adanya penggabungan pengetahuan tentang materi matematika dan teknologi yang membiasakan siswa melakukan penyelesaian permasalahan matematika secara terstruktur. Sebuah strategi menjawab permasalahan dalam materi matematika yang

berbasis pemecahan masalah, dapat membantu menumbuhkan kognitif siswa secara efektif melalui manipulasi dan ekspresi nyata (Maharani dkk., 2019). Kemampuan berpikir yang terlibat dalam pemecahan masalah dan merepresentasikan solusinya secara efektif dinamakan berpikir komputasional (Zaharin dkk., 2018). Konsep berpikir komputasional seperti dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan desain algoritma, semuanya penting dalam memecahkan masalah matematika (Shute dkk., 2017). Proses berpikir komputasional dalam pemecahan masalah nampak seperti alur pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Alur Proses Berpikir Komputasional untuk Pemecahan Masalah (Nuar & Rozan, 2019, p.6)

Terlihat pada Gambar 1.1 bahwa alur proses berpikir komputasional dalam pemecahan masalah berawal dari suatu permasalahan, yang kemudian akan dicari solusinya melalui beberapa langkah. Langkah-langkah penyelesaian masalah tersebut melalui penyesuaian dengan konsep - konsep dari berpikir komputasional, lalu berlanjut pada penyusunan *blueprints* (rancangan solusi yang telah disimpulkan inti permasalahannya setelah melalui rangkaian proses berpikir dari konsep-konsep berpikir komputasional), dan langkah terakhir adalah perantara dalam mengolah informasi (pada konteks berpikir komputasional, perantara disini mengacu pada komputer, mesin, atau manusia yang dapat menentukan solusi permasalahan dan menyelesaikan solusi tersebut).

Mempertimbangkan hubungan antara berpikir komputasional dan matematika, Sneider, Stephenson, Schafer, dan Flick (Sneider dkk., 2014) menyorotinya dalam pandangan kemampuan yang terkait dengan pemikiran matematis, kemampuan yang terkait dengan pemikiran komputasional, dan kemampuan yang terkait dengan keduanya. Barcelos dan Silveira (Barcelos & Silveira, 2012) mengidentifikasi tiga kelompok kemampuan yang dapat dikembangkan ketika pemikiran matematis dan komputasional dipertimbangkan. Pertama adalah representasi matematis dan hubungan semiotiknya dengan algoritma, yang kedua mengacu pada membangun hubungan dan mengidentifikasi keteraturan pola, dan kemampuan terakhir yang diidentifikasi adalah model deskriptif dan representatif, yang mengacu pada mendefinisikan dan menafsirkan model matematika untuk menganalisis dan menjelaskan situasi. Untuk itulah kemampuan berpikir matematis dan komputasional menjadi dua kemampuan berpikir yang perlu untuk ditelusuri dan dikembangkan, agar siswa menjadi pembelajar mandiri, yang mampu menyelesaikan permasalahan matematika sesuai dengan pola pikir dan kreativitas mereka dalam penguasaan berbagai materi matematika.

Sehingga inti dari kedua kemampuan berpikir, yaitu kemampuan berpikir matematis dan komputasional berfokus pada proses kognitif yang bermanfaat untuk menyelesaikan permasalahan secara sistematis dan terpola, dengan dukungan secara psikologis untuk meyakini kebenaran dari solusi yang diperoleh. Merujuk pada kemampuan berpikir matematis yang secara harfiah merupakan satu komponen paling penting dalam pembelajaran matematika, maka kemampuan berpikir komputasional yang bisa diterapkan secara prosedural pada beberapa mata pelajaran, juga dapat dirujuk menjadi komponen yang saling terintegrasi dengan matematika. Untuk mempelajarinya secara lebih khusus, maka ditempatkanlah kedua kemampuan berpikir tersebut dalam ranah proses berpikir, secara khusus mempelajari konsep-konsep matematika agar memiliki pengalaman yang berbeda namun menyenangkan.

Pada pembelajaran matematika di sekolah yang menerapkan kurikulum 2013, pemecahan masalah diambil dari kasus kehidupan sehari-hari siswa dan menjadi bagian penting yang harus terintegrasi dalam kegiatan belajar mengajar (Kurniawati & Raharjo, 2019). Pemecahan masalah yang mengarah pada persoalan kompleks sesuai untuk diterapkan di awal pada usia 14-15 tahun atau tepatnya di usia Sekolah Menengah Pertama (SMP) yang memiliki kemampuan abstraksi dan permusan masalah secara sistematis (Sultan & Tirtayasa, 2022). Pemecahan masalah menjadi satu kompetensi penting yang menekankan kemampuan berpikir untuk dikembangkan dari materi yang berada dalam ruang lingkup matematika SMP, salah satunya mengenai bilangan (Kemdikbud, 2017). Materi matematika pada jenjang Sekolah Menengah Pertama yang harus mendapat perhatian khusus dari siswa adalah bilangan berpangkat, bentuk akar, dan persamaan kuadrat. Hasil dari penelitian pendahuluan yang dilakukan di salah satu SMP Negeri di Kota Cirebon, diperoleh kesimpulan bahwa mereka kesulitan dalam memahami materi bilangan berpangkat, bentuk akar, dan persamaan kuadrat karena sangat lemah dalam menguasai materi prasyarat mengenai konsep perkalian dan bilangan, adanya *learning loss* terkait dengan pembelajaran daring yang dilakukan sebelumnya sebagai antisipasi dari kasus Covid, dan kesulitan dalam menarik pengalaman belajar yang berakibat pada sulitnya mereka dalam menemukan solusi dari permasalahan matematika yang diberikan.

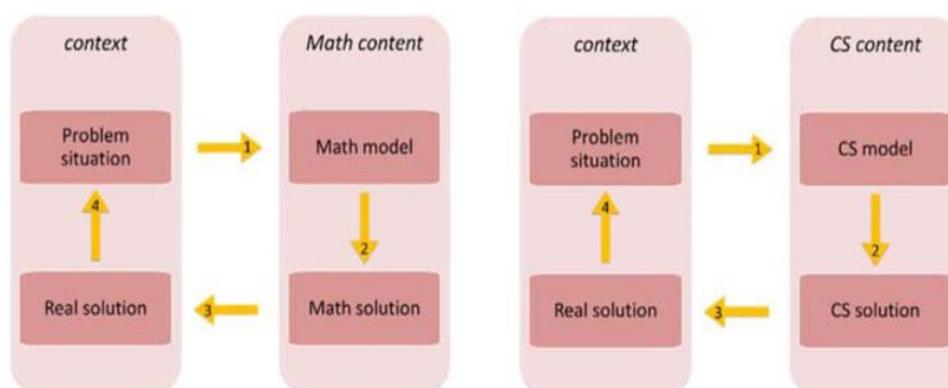
Bilangan berpangkat, bentuk akar, dan persamaan kuadrat merupakan materi matematika yang memfokuskan pada kemampuan penguasaan siswa mengenai konsep perkalian berulang dan pemahaman terhadap konsep operasi aritmatika pada bilangan rasional. Salah satu kelemahan siswa secara umum yaitu pada struktur perkalian (Dotan & Zviran-Ginat, 2022). Selain itu konsep bentuk pangkat dari suatu bilangan, menentukan operasi kebalikan dari perkalian, dan menentukan akar-akar persamaan kuadrat juga masih menjadi kendala yang signifikan bagi siswa terkait penguasaan ketiga materi tersebut. Padahal dilihat dari segi pentingnya penguasaan materi bilangan berpangkat, bentuk akar, dan persamaan kuadrat, ketiganya juga merupakan materi prasyarat bagi sebagian besar

materi yang dikaji dalam ilmu matematika. Bahkan banyak permasalahan kompleks menggunakan salah satu atau bahkan ketiga materi tersebut menjadi bagian dari persoalan yang mereka angkat untuk dapat dicari solusinya. Untuk itulah, pentingnya penguasaan materi bilangan berpangkat, bentuk akar, dan persamaan kuadrat bagi siswa Sekolah Menengah Pertama. Namun, sebelum siswa mampu menguasai ketiga materi tersebut, siswa dihadapkan terlebih dulu dengan materi prasyaratnya, di antaranya konsep perkalian, pemahaman mengenai perkalian berulang, dan operasi aritmatika dasar pada bilangan.

Pada saat dilakukan wawancara di beberapa sekolah untuk siswa kelas IX, mereka menyatakan bahwa menemukan kesulitan atau kendala dalam materi prasyarat, maka untuk masuk dalam kategori paham terhadap ketiga materi tersebut masih memerlukan waktu yang cukup lama. Hal ini ditambah dengan kendala dari sisi kemampuan guru dalam menyampaikan materi-materi yang harus tepat dan sesuai dengan karakteristik siswa. Apalagi harus terintegrasinya teknologi agar menyesuaikan dengan tuntutan kurikulum. Desain pembelajaran yang baik dapat membantu siswa dalam penguasaan ketiga konsep materi. Hal tersebut didukung dengan kasus-kasus terbaru dalam dunia pembelajaran saat ini, yaitu siswa harus mampu mengembangkan kemampuan mereka dalam menyelesaikan permasalahan kompleks. Desain pembelajaran saat ini yang mengacu pada penerapan kurikulum 2013 maupun yang terbaru, tidak lepas dari kemampuan siswa dalam memecahkan masalah (Mery dkk., 2020), namun belum berfokus pada komponen dari kemampuan berpikir. Aktifitas belajar masih terbatas pada siswa mampu atau tidak menemukan solusi untuk pemecahan masalah sehari-hari, dan kuantitasnya pun sangat minim karena masih mengutamakan penyelesaian persoalan rutin.

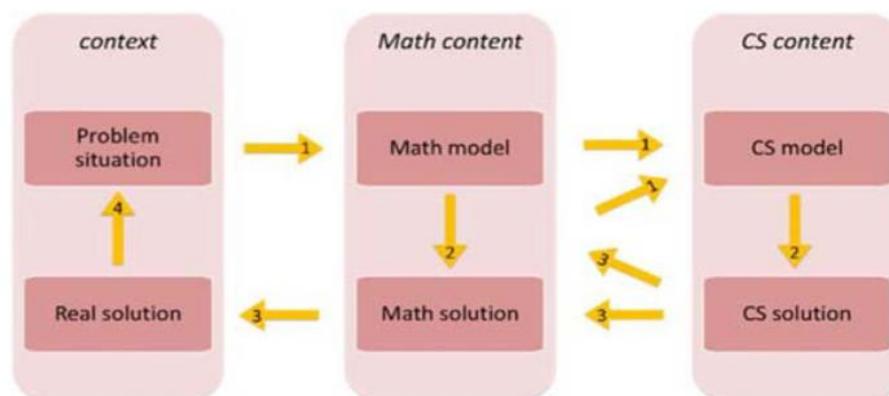
Mengkarakterisasi proses berpikir dalam suatu disiplin ilmu, utamanya pada pelajaran matematika harus dapat menyentuh apa yang disebut dengan kerangka epistemik (Shaffer, 2006) dari disiplin ilmu matematika tersebut. Kerangka epistemik di sini berfokus pada kemampuan penguasaan prasyarat, konsep-konsep matematika yang saling terkait, dan pemahaman penerapan unsur-unsur matematika dalam sistematika yang tepat. Memang benar, kemampuan

berpikir matematis dianggap sebagai kerangka epistemik sentral matematika (Perez dkk., 2016). Baik kemampuan berpikir matematis maupun kemampuan berpikir komputasional telah dicirikan dalam beberapa cara yang sering kali tampak dinamis, bergantung pada perspektif seseorang tentang hakikat matematika dan ilmu komputer. Namun, aspek umum dalam banyak definisi adalah penekanan pada kontekstualisasi disiplin ilmu yaitu pada hubungan antara situasi dunia nyata dan konsep matematika dan komputasi. Pada pandangan ini, empat kategori aktivitas kognitif dapat dibedakan: (1) menerjemahkan suatu situasi ke dalam model matematis atau komputasi, menggambar, misalnya. pemodelan, abstraksi dan pengenalan pola; (2) penalaran dan bekerja dalam matematika dan ilmu komputer; (3) menerjemahkan hasilnya kembali ke dalam konteksnya, dengan melibatkan, misalnya. generalisasi, dan (4) memverifikasi apakah hal ini benar-benar menyelesaikan masalah dunia nyata secara memadai (evaluasi). Kegiatan tersebut terlihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Kemampuan Berpikir Matematis (Kiri) dan Kemampuan Berpikir Komputasional (Kanan) dalam Kontekstualisasi Ilmu Matematika (Kallia dkk., 2021, p.3)

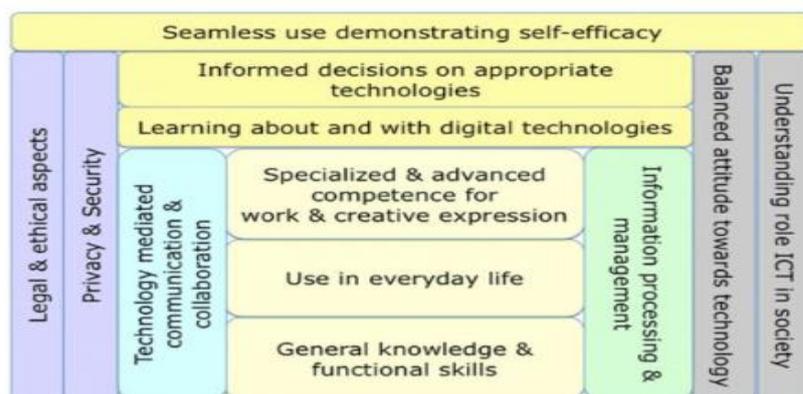
Terlihat pada Gambar diatas untuk masing-masing kemampuan berpikir matematis dan komputasional memiliki siklusnya sendiri dalam menghadapi permasalahan dengan menggunakan model penyelesaian permasalahan yang dihubungkan dengan solusi nyata. Namun jika keduanya diintegrasikan dalam pembelajaran matematika di kelas, maka siklusnya berubah menjadi seperti yang tampak pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Kemampuan Berpikir Komputasional dalam Pembelajaran Matematika (Kallia dkk., 2021, p.9)

Interaksi yang terlihat pada Gambar 1.3 di atas memperlihatkan bahwa pemecahan masalah dalam matematika dapat diselesaikan menggunakan kemampuan berpikir matematis siswa secara langsung, atau dapat pula dengan cara menambahkan komponen kemampuan berpikir komputasional dalam tahap penyelesaian masalahnya. Ketika proses berpikir diajukan dalam menghadapi sebuah permasalahan matematika yang menjadi inti dari interaksi kemampuan berpikir matematis dan komputasional, teridentifikasi tiga aspek yang mempengaruhi di antaranya yaitu pemecahan masalah, proses kognitif, dan transposisi (Kallia dkk., 2021; Patricia dkk., 2019). Pemecahan masalah yang menjadi tujuan dasar dari pembelajaran matematika di mana kemampuan berpikir komputasional terintegrasi di dalamnya (Psycharis & Kallia, 2017), menuntut proses kognitif yang mencakup semua komponen kemampuan berpikir matematis dan komputasional, serta transposisi dari proses penyusunan penyelesaian suatu masalah matematika dari manual menjadi beralih ke alat digital (Chytas dkk., 2024).

Kompetensi digital menyoroti pula pada penggunaan teknologi secara kritis dan reflektif, ketika siswa membangun pengetahuan baru dalam mengembangkan kemampuan berpikirnya (Instefjord, 2014). Hal ini sesuai dengan identifikasi yang telah dilakukan terhadap dua belas bidang berbeda yang menggunakan kompetensi digital didalamnya, yang menyusun pengetahuan, keterampilan, dan sikap, seperti yang terlihat pada Gambar 1.4



Gambar 1.4 Bidang Kompetensi Digital
(Stoyanov dkk., 2012, p.4)

Namun, penting bagi guru untuk secara bijaksana mengintegrasikan teknologi digital ke dalam praktik pedagogi sambil juga mempertimbangkan implikasi etika, sosial, dan kesetaraan dari lingkungan pembelajaran digital. Karena secara teori dan perkembangannya, digitalisasi dalam kegiatan belajar mengajar secara luas menjanjikan transformasi pendidikan dengan memperluas akses terhadap pengalaman pembelajaran berkualitas tinggi, mendorong inovasi dan kreativitas, mendorong keterlibatan dan kolaborasi aktif, dan mempersiapkan siswa untuk sukses di era digital.

Perkembangan pembelajaran sejak era pandemi saat itu memang memberikan warna baru dalam sistem kurikulum di Indonesia dan kemampuan pedagogi guru, terutama yang berhubungan dengan penyusunan desain pembelajaran mandiri (Istaryaningtyas dkk., 2021). Pembelajaran mandiri pada kasus ini terfokus pada aktivitas belajar menggunakan perangkat komputer, *platform e-learning*, dan berbagai komponen pembelajaran lainnya yang menyesuaikan dengan keperluan kegiatan belajar-mengajar (Giatman dkk., 2020). Desain pembelajaran yang memperoleh popularitas besar yaitu yang mampu mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran (Goyal, 2012; Olejarczuk, 2014; Singh dkk., 2021). Konsep pembelajaran matematika yang menggunakan bantuan teknologi dianggap paling sesuai diterapkan dengan memilih *platform* atau aplikasi matematika yang mendukung pemberian materi di kelas (Engelbrecht dkk., 2020;

Lin, 2017). Konsep desain pembelajaran yang matang dengan mengedepankan tersampainya tujuan pembelajaran dengan tetap mengikuti perkembangan yang terjadi di dunia Pendidikan, perlu untuk segera ditindaklanjuti oleh guru. Hal ini dilakukan agar strategi pembelajaran dan instrumen yang digunakan pada saat pembelajaran sesuai dengan karakteristik siswa yang mampu memecahkan masalah matematis dengan kompleksitas yang semakin meninggi levelnya.

Menurut hasil wawancara singkat dengan beberapa siswa Sekolah Menengah Pertama (SMP), ternyata pembelajaran matematika lebih banyak terfokuskan pada penyelesaian permasalahan rutin yang terdapat dalam buku-buku cetak yang berasal dari Kemdikbudristek dan melewatkan soal-soal pemecahan masalah kompleks; jarang digunakan bantuan media pembelajaran, jikalau ada hanya media konkret dan sangat jarang dimanfaatkan di kelas; pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran hanya sebatas penggunaan media *whatsapp* untuk menginformasikan tugas, *platform zoom* untuk tatap maya namun kurang dirasakan manfaatnya dalam memahami konsep matematika karena kesulitan guru dalam menggunakan fasilitas *whiteboard* dan banyak siswa cuek ketika guru menjelaskan karena aktivitas mereka tidak terpantau langsung, *google classroom* sebagai LMS yang fitur-fitur didalamnya tidak dimanfaatkan dengan baik, serta keterbatasan kemampuan guru dalam memahami pemanfaatan aplikasi-aplikasi teknologi ketika mempelajari materi-materi matematika.

Pembelajaran daring yang diawali pada saat pandemi covid memberikan dampak besar bagi siswa dan guru, terutama mengakibatkan *learning loss* dan pengabaian siswa terhadap penguasaan konsep-konsep matematika. Menurut siswa-siswa kelas IX tahun pelajaran 2022/2023, yang mengalami satu tahun pembelajaran secara daring dan satu tahun berikutnya dengan sistem *blended* (bergantian hadir di sekolah dengan waktu yang sangat terbatas), pandemi memberikan dampak negatif cukup besar dalam memaksimalkan kemampuan kognitif mereka untuk memahami konsep-konsep matematika. Hal tersebut berimbas ketika mereka dihadapkan pada permasalahan matematika. Hampir keseluruhan siswa kesulitan dalam menentukan ide-ide awal penentuan solusi

bahkan memahami kalimat-kalimat soalnya untuk dihubungkan dengan materi matematika mana saja yang sesuai untuk diterapkan mereka kebingungan. Untuk itulah guru harus berkerja keras menyusun desain pembelajaran yang dapat mengelola kembali kemampuan berpikir siswa secara maksimal terutama yang berkaitan dengan penyelesaian permasalahan matematika. Pemanfaatan teknologi yang sesuai dengan keperluan materi-materi matematika sebagai media pembelajaran yang menarik, serta peningkatan kualitas guru menyesuaikan dengan perkembangan teknologi dalam pembelajaran.

Desain pembelajaran tidak lagi hanya berkaitan dengan materi dan model pembelajaran saja, namun berhubungan juga dengan lingkungan belajar baik dalam kondisi daring, di ruang kelas, ataupun bentuk gabungan antara daring dan ruangan kelas (Wasson & Kirschner, 2020). Desain pembelajaran dengan mengadopsi kemajuan teknologi mulai memfokuskan pada kemampuan guru matematika dalam mengintegrasikan teknologi saat penyampaian pelajaran, keterampilan siswa menguasai teknologi dan materi, serta kemampuan perancang kurikulum dalam merumuskan konsep pembelajaran berbasis teknologi (Waqar, 2013). Namun desain pembelajaran yang bersifat tatap muka langsung untuk pelajaran matematika sangat dirasakan penting untuk dilaksanakan (Bringula dkk., 2021). Untuk itu pada pelajaran matematika yang mengadopsi kecanggihan teknologi dalam menyajikan pembelajaran seperti pembelajaran daring tidak dapat dilakukan secara penuh, karena masih harus menyajikan konsep tatap muka langsung. Sebuah penelitian menyatakan kombinasi dari tatap muka dan pembelajaran daring dapat memberikan dampak positif dan keberhasilan dari sistem pembelajaran yang memanfaatkan teknologi terpadu (Engelbrecht dkk., 2020).

Penelitian terkait kemampuan berpikir matematis, kemampuan berpikir komputasional, dan pedagogi digital telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Borkulo, Drijvers, Barendsen, dan Tolboom (Van Borkulo dkk., 2019) menyatakan bahwa perlu adanya strategi belajar mengajar yang diterapkan guru matematika di kelas dengan fokus pada penggunaan alat digital yang mendukung siswa tingkatan SMA untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional yang berkaitan

dengan pemikiran matematis murni dan terapan. Sedangkan penelitian-penelitian lain memulai untuk mengintegrasikan praktik kemampuan berpikir matematis dan komputasional siswa tingkat sekolah dasar dalam bentuk media pembelajaran berbasis teknologi (Cui & Ng, 2021; Dziuban dkk., 2018; Pei dkk., 2018; D. K. Yadav, 2017). Sementara itu beberapa penelitian lain menyimpulkan adanya integrasi dan perbedaan dari kemampuan berpikir matematis dan komputasional berdasarkan kerangka kerja yang komprehensif untuk dikembangkan dalam kurikulum Sekolah Dasar (Rich dkk., 2020; Weintrop dkk., 2016). Penelitian lain telah berhasil menyusun desain tugas yang mengintegrasikan kemampuan berpikir matematis dan komputasional (Ke, 2013).

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan, kasus yang terungkap terkait kemampuan berpikir matematis yang terintegrasi dengan kemampuan berpikir komputasional lebih terfokus pada siswa di tingkat Sekolah Dasar. Namun belum satupun yang mengulas proses dari kemampuan berpikir matematis jika diteliti dari siswa pada jenjang SMP yang menjadi fokus usia siswa yang berkompetisi di PISA, ditambah dianalisisnya dari perspektif pedagogi digital guru matematika. Hal ini sangat penting untuk diteliti mengingat siswa harus memiliki kemampuan dalam penguasaan materi pembelajaran terutama yang berhubungan dengan penyelesaian masalah matematika kompleks untuk mengembangkan kemampuan berpikir matematis. Penguasaan teknologi dalam pengembangan profesionalisme guru penting juga untuk dianalisis, terutama yang diaplikasikan dalam sebuah rancangan pembelajaran karena salah satu kompetensi guru tersebut menjadi standar keberhasilan kegiatan belajar-mengajar di sekolah. Belum adanya penelitian yang mengkaji proses kemampuan berpikir matematis dan komputasional siswa secara lebih mendalam yang kemudian dihubungkan dengan sebuah desain pembelajaran berbasis pedagogi digital dari guru matematika, serta adanya keterkaitan kedua pemikiran tersebut selama proses belajar siswa menjadi pemicu untuk segera dilakukan penelitian. Banyaknya penelitian lebih mengarah pada hasil akhir belajar siswa untuk kemudian dianalisis dan disimpulkan.

Berdasarkan uraian diatas, kemampuan berpikir matematis dan komputasional penting untuk dikuasai siswa dengan kemampuan penyelesaian masalah matematika yang banyak diterapkan dalam berbagai kasus permasalahan matematis, sedangkan penguasaan terhadap pedagogi digital harus dikuasai guru sebagai satu syarat penting kompetensi profesional memasuki pembelajaran digital dan kurikulum berbasis teknologi. Penelitian ini merupakan penelitian desain yang akan memperoleh sebuah desain pembelajaran berbasis pedagogi digital untuk mengembangkan kemampuan berpikir matematis siswa SMP, dan memperoleh respon siswa terkait implementasi dari desain pembelajaran tersebut. Dimensi pedagogi digital yang dikuasai oleh guru matematika harus merepresentasikan tiga karakteristik yaitu orientasi pedagogi, praktik pedagogi, dan kompetensi pedagogi digital sebagai salah satu kemampuan dasar dalam merepresentasikan kemampuan berpikir matematis dan komputasional siswa.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kemampuan awal berpikir matematis dan komputasional siswa?
2. Bagaimana kemampuan pedagogi digital guru matematika berdasarkan dimensi orientasi pedagogi, praktik pedagogi, dan kompetensi pedagogi?
3. Bagaimana desain awal pembelajaran berbasis pedagogi digital untuk mengembangkan kemampuan berpikir matematis dan komputasional siswa?
4. Bagaimana proses terbentuknya integrasi antara kemampuan berpikir komputasional siswa dan pembelajaran matematika dalam memecahkan masalah?
5. Bagaimana kemampuan akhir berpikir matematis dan komputasional siswa kelas IX pada fase Eksperimen Pengajaran?
6. Bagaimana ketuntasan belajar siswa setelah melalui fase Eksperimen Pengajaran?

7. Bagaimana respon siswa terhadap implementasi desain pembelajaran berbasis pedagogi digital yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir matematis dan komputasional?
8. Bagaimana revisi desain pembelajaran berbasis pedagogi digital yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir matematis dan komputasional setelah melalui fase Eksperimen Pengajaran?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh deskripsi mengenai kemampuan berpikir matematis dan komputasional siswa kelas IX, kemampuan pedagogi digital guru matematika, proses terintegrasinya kemampuan berpikir komputasional pada pembelajaran matematika untuk pemecahan masalah, serta sebuah desain pembelajaran berbasis pedagogi digital untuk mengembangkan kemampuan berpikir matematis dan komputasional siswa pada materi bilangan berpangkat, bentuk akar, dan persamaan kuadrat kelas IX.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan memberi manfaat kepada siswa, guru, dosen, dan peneliti bidang pendidikan. Manfaat penelitian ini yaitu:

1. Manfaat teoritis

Secara teoretis, manfaat penelitian ini adalah sebagai bahan diskusi tentang pedagogi digital yang dimiliki guru matematika serta bentuk desain pembelajaran yang disusun untuk mengembangkan kemampuan berpikir matematis siswa SMP. Kajian tersebut dipandang perlu karena pentingnya pedagogi digital bagi guru untuk mengembangkan profesionalisme mereka dalam mengikuti perkembangan teknologi di dunia pendidikan dan pembelajaran, serta pentingnya guru dalam menyusun desain pembelajaran yang mampu mengembangkan kemampuan berpikir matematis siswa SMP yang menjadi persyaratan untuk memenuhi kemampuan literasi matematis sesuai standar PISA terbaru.

2. Manfaat praktis

Manfaat praktis yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Penelitian ini akan membantu pihak sekolah dalam memperoleh informasi mengenai kemampuan pedagogi digital yang dimiliki guru matematika mereka.
- b. Penelitian ini akan membantu dosen, guru, dan pihak yang berkepentingan di dunia pendidikan dalam memperoleh informasi mengenai kemampuan berpikir matematis siswa SMP, sehingga dapat dijadikan pertimbangan untuk mengintegrasikannya dalam kurikulum sekolah.
- c. Guru mendapat manfaat dari pengalaman mengeksplorasi kemampuan berpikir matematis siswa, sehingga mereka dapat mendesain sebuah desain pembelajaran yang dapat mengembangkan kedua kemampuan berpikir tersebut.

1.5 Definisi Operasional

1. Desain pembelajaran adalah proses menciptakan pengalaman belajar yang memungkinkan siswa mencapai hasil belajar yang diinginkan dengan pembelajaran yang berpusat pada siswa dan berorientasi pada tujuan. Desain pembelajaran pada penelitian ini yaitu proses menciptakan pengalaman belajar matematika berdasarkan kemampuan pedagogi digital yang dimiliki guru sehingga memungkinkan siswa mencapai hasil belajar dalam konteks pengembangan kemampuan berpikir matematis dan komputasional siswa.
2. Kemampuan berpikir matematis pada penelitian ini adalah kemampuan untuk spesialisasi (*Specializing*) – mencoba kasus khusus dengan melihat contoh, generalisasi (*Generalizing*) – mencari pola dan hubungan, menduga (*Conjecturing*) – memprediksi hubungan dan hasil, serta meyakinkan (*Convincing*) – menemukan dan mengomunikasikan alasan mengapa itu benar. Keempat komponen yang memperlihatkan proses kemampuan berpikir matematis tersebut, yaitu

- a. *Specializing* – menyelesaikan berbagai kasus matematika dengan melihat contoh,
 - b. *Generalizing* – mengidentifikasi pola dan hubungan (aktivitas prosedural, pemahaman prosedural, dan pemahaman konseptual),
 - c. *Conjecturing* – memprediksi hubungan dan hasil dari penyelesaian masalah matematika,
 - d. *Convincing* – meyakinkan diri dalam menemukan dan mengkomunikasikan alasan mengapa sesuatu dianggap benar
3. Kemampuan berpikir komputasional adalah kemampuan untuk memecahkan masalah yang kompleks, cara untuk mempelajari topik dalam banyak disiplin ilmu, dan kebutuhan untuk berpartisipasi penuh dalam dunia komputasi. Pada penelitian ini kemampuan berpikir komputasional berfokus pada empat konsep berpikir yaitu dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma. Keempat konsep berpikir tersebut memiliki definisinya masing-masing, yaitu
- a. Dekomposisi (*Decomposition*) merupakan kemampuan memecahkan masalah kompleks menjadi masalah yang lebih sederhana, atau dapat pula diartikan memecah tugas menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dapat dikelola. Bagian-bagian yang lebih kecil ini dapat diperiksa karena lebih mudah dipecahkan. Menyelesaikan setiap permasalahan yang lebih kecil akan lebih mudah dibandingkan menyelesaikan permasalahan yang rumit sekaligus.
 - b. Pengenalan Pola (*Pattern Recognition*) yaitu proses mengidentifikasi struktur dan pola dari suatu masalah, dan menemukan kesamaan antara informasi saat ini dan masa lalu (pengalaman belajar). Kemampuan pengenalan pola dapat membantu siswa untuk mencari pola dari suatu permasalahan, dan membantu mereka menemukan persamaannya berdasarkan permasalahan yang pernah ditemui sebelumnya. Ketika menguraikan masalah yang kompleks, maka masalah yang lebih kecil akan dihasilkan. Persamaan dan karakteristik

dari permasalahan yang lebih kecil ini disebut pola. Melalui cara mencari pola di dalam permasalahan kecil ini, kita dapat menyelesaikan permasalahan kompleks dengan lebih efisien.

- c. Abstraksi (*Abstraction*) merupakan kemampuan yang menghilangkan karakteristik atau atribut dari suatu objek atau entitas, untuk menguranginya menjadi seperangkat karakteristik yang mendasar. Abstraksi dapat pula diartikan sebagai cara mereduksi data dengan detail, untuk berkonsentrasi pada ide-ide yang sesuai untuk pemahaman dan pemecahan masalah. Sehingga melalui abstraksi, siswa dapat memahami masalah melalui konsep-konsep yang telah mereka pahami sebelumnya.
 - d. Algoritma (*Algorithm*) merupakan kemampuan memecahkan masalah yang terkait dengan menyusun solusi langkah demi langkah untuk setiap permasalahan, dan berbeda dengan pengkodean (yaitu, kemampuan teknis yang diperlukan untuk menggunakan bahasa pemrograman). Algoritma adalah proses menentukan solusi secara sistematis terhadap suatu masalah yang dapat direplikasi untuk mendapatkan hasil yang dapat diprediksi dan dapat diandalkan. Untuk definisi modern dari kemampuan berpikir komputasional yang berkaitan dengan ilmu komputer, solusi ini akan menjadi proses langkah demi langkah yang akan diselesaikan oleh komputer. Namun proses ini juga dapat diselesaikan sebagian atau seluruhnya oleh manusia.
4. Pedagogi digital adalah kajian tentang bagaimana mengajar menggunakan teknologi digital. Kajian pedagogi digital pada penelitian ini terdiri dari tiga dimensi: 1) orientasi pedagogi; 2) praktik pedagogi; dan 3) kompetensi pedagogi. Masing-masing dimensi memiliki pemahamannya sesuai dengan konseptualisasinya yaitu,
- a. Orientasi Pedagogi, di mana Guru sebagai fasilitator dapat meningkatkan pemahaman siswa tentang topik tertentu, menekankan

aktivitas siswa dalam belajar, serta konstruksi pengetahuan sosial dan reflektif.

- b. Praktik pedagogi teknologi, dianggap sebagai alat untuk memberdayakan siswa: aktif menggunakan suatu informasi; kolaborasi; kesepakatan; penyelesaian masalah; dan konstruksi pengetahuan sosial.
- c. Kompetensi pedagogi digital, di antaranya yaitu efikasi diri, pengetahuan subjek, pengetahuan pedagogi, pengetahuan teknologi, kemampuan dalam perencanaan dan pengorganisasian, mengadaptasi situasi, dukungan pribadi, dan pengembangan yang berkelanjutan

1.6 Batasan Penelitian

Penelitian ini menghasilkan desain pembelajaran berbasis pedagogi digital untuk mengembangkan kemampuan berpikir matematis siswa kelas IX pada pembelajaran matematika materi bilangan berpangkat, bentuk akar, dan persamaan kuadrat. Selain itu penelitian dibatasi juga untuk mengetahui proses kemampuan berpikir matematis dan komputasional siswa untuk masing-masing empat konsep kemampuan berpikir, serta penguasaan guru matematika terhadap tiga dimensi pedagogi digital (orientasi pedagogi, praktik pedagogi, dan kompetensi pedagogi pada ranah digitalisasi teknologi). Sementara selama menganalisis proses kemampuan berpikir siswa tersebut, penelitian juga akan menganalisis karakteristik siswa yang memiliki kemampuan berpikir matematis dan komputasional yang baik sehingga subjek penelitianpun akan dibatasi. Untuk implementasi desain pembelajaran (penerapan *hypothetical learning trajectory*), data-data kuantitatif yang diambil dibatasi hanya untuk mengetahui respon siswa terhadap pembelajaran dan persentase siswa yang telah mencapai kriteria ketuntasan hasil belajar. Pembatasan untuk implementasi ini hanya untuk mengetahui perkembangan kemampuan berpikir matematis siswa setelah penerapan desain pembelajaran di kelas-kelas penelitian melalui respon dan ketuntasan belajar siswa.