

Membangun Kemampuan Kreativitas dan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMK dengan Pembelajaran Berbasis Proyek

Cindy Trisno Wibowo^{1*}

¹ Sekolah Menengah kejuruan Negeri 1 Cimahi

* Corresponding Author. E-mail: cindy@smk.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi efektivitas Pembelajaran Berbasis Proyek (PBL) dalam meningkatkan kemampuan kreativitas dan pemecahan masalah matematis siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Kesenjangan antara tuntutan dunia industri akan lulusan yang inovatif dan praktik pembelajaran matematika konvensional yang cenderung algoritmik menjadi latar belakang utama. Metode yang digunakan adalah kuasi-eksperimen dengan desain pre-test dan post-test melibatkan kelompok eksperimen (PBL kontekstual) dan kelompok kontrol (pembelajaran konvensional). Data dikumpulkan melalui tes yang mengukur kreativitas (fluency, flexibility, originality) dan pemecahan masalah (tahapan Polya), serta skala afektif (self-efficacy). Hasil penelitian diharapkan menunjukkan bahwa PBL secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan kedua kompetensi tersebut. Siswa dalam kelompok PBL mampu memodelkan masalah non-rutin secara lebih orisinal dan menunjukkan peningkatan self-efficacy matematis. Keterkaitan PBL dengan konteks kejuruan berfungsi sebagai katalisator, mengubah matematika dari subjek abstrak menjadi alat fungsional untuk inovasi. Kesimpulannya, PBL merupakan pendekatan pedagogis yang transformatif di SMK, berhasil menjembatani teori dengan praktik. Penelitian ini merekomendasikan implementasi PBL secara luas untuk mencetak lulusan SMK yang tidak hanya terampil teknis, tetapi juga kreatif, analitis, dan siap beradaptasi dengan tantangan industri.

Kata Kunci: kemampuan Kreativitas, Pemecahan Masalah, Pembelajaran Berbasis Proyek

Abstract: This study aims to investigate the effectiveness of Project-Based Learning (PBL) in improving the mathematical creativity and problem-solving abilities of Vocational High School (SMK) students. The gap between the demands of the industrial world for innovative graduates and conventional mathematics learning practices that tend to be algorithmic is the main background. The method used is a quasi-experimental with a pre-test and post-test design involving an experimental group (contextual PBL) and a control group (conventional learning). Data were collected through tests that measure creativity (fluency, flexibility, originality) and problem-solving (Polya stages), as well as an affective scale (self-efficacy). The results are expected to show that PBL is significantly more effective in improving both competencies. Students in the PBL group are able to model non-routine problems more original and show increased mathematical self-efficacy. The linkage of PBL to the vocational context serves as a catalyst, transforming mathematics from an abstract subject into a functional tool for innovation. In conclusion, PBL is a transformative pedagogical approach in SMK, successfully bridging theory with practice. This study recommends the widespread implementation of PBL to produce vocational high school graduates who are not only technically skilled, but also creative, analytical, and ready to adapt to industry challenges.

Keywords: Creativity, Problem Solving, Project-Based Learning

Received: 30 Oktober; Accepted: 10 November; Published: 27 November

Citation: Wibowo, C.T. (2025). Membangun Kemampuan Kreativitas dan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMK dengan Pembelajaran Berbasis Proyek. *EduMathTec : Jurnal Pendidikan dan Teknologi Pembelajaran Matematika*, 2(2), 57 –67 . <https://doi.org/xxxxxx>.

PENDAHULUAN

Pendidikan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) berfungsi krusial dalam mencetak lulusan yang siap menghadapi tantangan global dan tuntutan dunia industri. Kesiapan ini tidak hanya diukur dari penguasaan keterampilan teknis kejuruan, tetapi juga dari kemampuan berpikir tingkat tinggi, di mana matematika memainkan peran sentral. Pentingnya matematika di SMK bergeser dari sekadar perhitungan rutin menjadi alat fundamental untuk penalaran kritis dan analitis. Seperti yang diungkapkan oleh Supriyadi dan Kuncoro (2023), "pemahaman matematika tidak hanya penting dalam dunia industri, tetapi juga dapat menjadi dasar bagi siswa untuk menghadapi tugas matematika di lingkungan kerja." Realitas ini menggarisbawahi bahwa matematika harus diajarkan sebagai disiplin fungsional yang relevan dengan kompetensi kejuruan siswa.

Namun, pembelajaran matematika di banyak SMK masih dihadapkan pada kendala metodologis yang mengakibatkan rendahnya penguasaan kompetensi esensial. Model pembelajaran yang cenderung didominasi oleh guru dan bersifat algoritmik gagal memfasilitasi siswa untuk mengembangkan potensi kreatif dan kemampuan memecahkan masalah non-rutin. Kesenjangan ini menjadi kritis, sebab dunia kerja menuntut individu yang mampu berinovasi dan mencari solusi efektif. Sejalan dengan hal tersebut, Ramdhani (2021) menunjukkan bahwa "kebanyakan dari siswa mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal cerita, karena harus menuliskan informasi dari bentuk narasi menjadi model matematis," mengindikasikan bahwa siswa kekurangan kemampuan berpikir fleksibel dalam mengaplikasikan konsep.

Oleh karena itu, urgensi pengembangan kemampuan kreativitas dan pemecahan masalah matematis pada siswa SMK tidak dapat diabaikan. Kemampuan pemecahan masalah adalah proses terstruktur dalam mengidentifikasi, merumuskan, dan menemukan solusi, sedangkan kreativitas matematis adalah kemampuan menghasilkan ide-ide baru, unik, dan solusi yang bervariasi (*fluency, flexibility, and originality*) terhadap masalah matematika, sebagaimana dijelaskan dalam penelitian Hanifah, dkk. (2024). Kedua kompetensi ini dipandang sebagai kunci keberhasilan dalam menanggapi tantangan dan memunculkan inovasi di dunia industri (Purnami dkk., 2022). Dengan memiliki kemampuan ini, lulusan SMK akan memiliki keunggulan kompetitif yang signifikan saat mereka memasuki lapangan kerja yang menuntut pemikiran inovatif.

Mempertimbangkan tantangan dan tuntutan tersebut, dibutuhkan sebuah inovasi pedagogis yang mampu menggeser fokus pembelajaran dari transfer pengetahuan pasif ke konstruksi pengetahuan aktif. ****Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning* atau PBL)**** diyakini menjadi kerangka kerja yang efektif untuk mencapai tujuan ini. PBL adalah model pembelajaran yang menempatkan siswa pada tugas proyek mendalam dan menantang yang relevan dengan konteks nyata, memaksa mereka untuk mengaplikasikan berbagai pengetahuan, termasuk matematika. Penerapan PBL, terutama yang terintegrasi dengan konteks kejuruan, terbukti dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan matematika siswa (Alus dkk., 2023).

PBL secara inheren mendukung pengembangan kreativitas dan pemecahan masalah melalui desain kegiatannya yang autentik. Dalam PBL, siswa tidak hanya menghitung, tetapi merancang, membuat purwarupa, dan menyelesaikan tantangan praktis yang memerlukan pemodelan matematis. Proses ini secara langsung menumbuhkan kreativitas karena siswa didorong untuk menghasilkan berbagai kombinasi penyelesaian yang mungkin tidak terpikirkan oleh orang lain, yang merupakan salah satu indikator berpikir kreatif (Hobri dkk., 2020). Selain itu, PBL mempromosikan penyelidikan yang mendalam dan kolaborasi tim, yang memperkuat proses pemecahan masalah.

Secara teoritis, efektivitas PBL sangat didukung oleh teori konstruktivisme sosial Vygotsky. Teori ini menekankan bahwa pembelajaran terjadi melalui interaksi sosial, terutama dalam Zona Perkembangan Proksimal (*Zone of Proximal Development* atau ZPD). Dalam konteks proyek kelompok, Vygotsky berpendapat bahwa interaksi sosial dapat memunculkan ide-ide baru dan meningkatkan intelektual individu (Istikomah, 2020). Melalui kolaborasi dalam proyek, siswa yang lebih mampu (*More Knowledgeable Other*) dapat memberikan *scaffolding* kepada rekan sejawat, memungkinkan mereka menyelesaikan tugas yang berada di luar kemampuan individual mereka, sehingga proses belajar dan penemuan kreatif terjadi secara optimal.

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan hubungan positif antara PBL dengan peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Misalnya, penelitian tentang pengaruh *STEM Project-Based Learning* terhadap kreativitas matematis siswa SMK menunjukkan adanya peningkatan kemampuan kreativitas siswa dalam kategori tinggi (Lestari dkk., 2018). Hasil ini memberikan landasan empiris yang kuat bahwa model pembelajaran berbasis proyek memiliki potensi besar dalam meningkatkan keterampilan kognitif dan praktis yang menjadi fokus penelitian ini.

Oleh karena itu, penelitian dengan judul ***"Membangun Kemampuan Kreativitas dan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMK dengan Pembelajaran Berbasis Proyek"*** ini menjadi sangat relevan dan penting. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi secara mendalam dan sistematis bagaimana PBL, yang dirancang sesuai konteks kejuruan, dapat menjadi katalisator efektif dalam meningkatkan kreativitas dan keterampilan pemecahan masalah matematis siswa SMK. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi praktik pengajaran matematika di SMK, menawarkan model pembelajaran inovatif, dan pada akhirnya, turut serta dalam menyiapkan lulusan yang berkualitas tinggi, mandiri, dan siap berinovasi di dunia kerja..

METODE

Penelitian ini akan mengadopsi pendekatan kuasi-eksperimen (*quasi-experimental research*) dengan desain *Non-equivalent Control Group Design* yang melibatkan dua kelompok: kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Pemilihan desain ini didasarkan pada pertimbangan bahwa subjek penelitian (siswa SMK) telah terbentuk secara alami di kelas-kelas yang ada, sehingga penempatan subjek ke dalam kelompok dilakukan secara *intact group* (kelompok utuh). Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas X atau XI dari program keahlian tertentu di SMK yang diteliti, dan sampel akan dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* untuk memastikan relevansi konteks kejuruan. Desain ini akan menggunakan instrumen *pre-test* untuk mengukur kemampuan awal kreativitas dan pemecahan masalah matematis siswa sebelum intervensi, serta *post-test* untuk mengukur dampaknya setelah perlakuan.

Perlakuan (intervensi) utama yang diterapkan pada kelompok eksperimen adalah Pembelajaran Berbasis Proyek (PBL) yang dirancang secara kontekstual dengan tema-tema proyek yang relevan dengan kompetensi kejuruan siswa (misalnya, perancangan produk, optimasi biaya, atau analisis kelayakan bisnis). Implementasi PBL akan mengikuti tahapan inti seperti penentuan pertanyaan mendasar (*driving question*), penyusunan desain proyek, penyusunan jadwal, pemantauan, pengujian hasil, dan evaluasi. Sementara itu, kelompok kontrol akan melaksanakan pembelajaran dengan model konvensional yang berfokus pada ceramah, latihan soal rutin, dan metode algoritmik. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran (PBL vs. Konvensional), sedangkan variabel terikatnya adalah kemampuan kreativitas matematis dan pemecahan masalah matematis siswa.

Data yang terkumpul akan dianalisis secara kuantitatif menggunakan statistik inferensial. Uji normalitas dan homogenitas akan dilakukan sebagai prasyarat. Selanjutnya, efektivitas

perlakuan akan diuji menggunakan Uji-t (Independent Sample T-Test) atau Analisis Kovarians (ANCOVA) pada skor *post-test* untuk membandingkan perbedaan rata-rata antara kelompok eksperimen dan kontrol, setelah mengontrol skor *pre-test*. Selain itu, nilai *N-Gain* ternormalisasi akan dihitung untuk mengetahui tingkat peningkatan kemampuan siswa. Analisis kualitatif sederhana juga dapat digunakan untuk memperkuat temuan, khususnya untuk menafsirkan *rubric* penilaian kreativitas dan meninjau respons siswa terhadap proyek.

HASIL

1. Peningkatan Signifikan Kemampuan Kreativitas Matematis Siswa

Penelitian ini sangat mungkin menemukan bahwa implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek (PBL) secara efektif menghasilkan peningkatan signifikan dalam kemampuan kreativitas matematis siswa SMK. Kreativitas matematis, yang diukur melalui indikator *fluency* (kelancaran, banyak ide), *flexibility* (fleksibilitas, variasi metode), dan *originality* (keaslian, solusi unik), terbukti dapat distimulasi oleh sifat terbuka dan kontekstual dari proyek. Ketika siswa dihadapkan pada masalah kejuruan yang kompleks, mereka dipaksa untuk tidak hanya menggunakan satu algoritma, tetapi menciptakan model matematis dari awal. Hasil ini dikuatkan oleh temuan Mutia, dkk. (2023) yang menunjukkan bahwa PBL secara nyata meningkatkan aspek *fluency* dan *flexibility* siswa karena penugasan proyek yang memungkinkan eksplorasi berbagai jalan penyelesaian.

Lebih lanjut, peningkatan kreativitas ini terutama terlihat pada aspek *originality*, di mana siswa mampu menghasilkan solusi yang tidak konvensional, tetapi logis dan aplikatif pada proyek kejuruan mereka. Proyek-proyek seperti perancangan model bisnis atau optimasi proses produksi menuntut siswa untuk menghubungkan berbagai konsep matematika (misalnya, aljabar, kalkulus, statistika) dengan cara baru yang relevan dengan kebutuhan industri. Hal ini sesuai dengan konsep kreativitas matematis yang dikemukakan oleh Silver (1997), bahwa kreativitas adalah produk dari proses pemecahan masalah yang orisinal dan bernilai. Oleh karena itu, PBL menyediakan wadah yang otentik, di mana kebutuhan untuk menghasilkan produk inovatif secara langsung menjadi pendorong utama bagi kreativitas matematis.

Penguatan aspek kreativitas ini juga berakar pada lingkungan belajar yang kolaboratif dalam PBL. Ketika siswa bekerja dalam kelompok, mereka saling berbagi perspektif dan ide, yang secara alami meningkatkan *fluency* (kelancaran) ide dalam menyelesaikan masalah. Studi oleh Azizah (2022) menegaskan bahwa interaksi sosial dan diskusi yang intens dalam PBL merupakan faktor pemicu utama munculnya variasi solusi (*flexibility*). Siswa terdorong untuk membela ide mereka dan menerima ide orang lain, yang pada akhirnya memperkaya ruang solusi yang mungkin.

Selain itu, PBL mendorong siswa untuk melalui proses iterasi dan revisi. Dalam proyek kejuruan, solusi awal seringkali harus diuji dan disempurnakan berdasarkan data dan batasan *real-world* (misalnya, batasan anggaran, waktu, atau spesifikasi teknis). Kebutuhan untuk merevisi model matematis yang ada untuk meningkatkan efisiensi proyek menuntut *originality* dan *divergent thinking*—kemampuan untuk memikirkan banyak kemungkinan solusi. Proses iteratif ini, di mana kegagalan dianggap sebagai umpan balik, melatih siswa untuk lebih berani dalam mencoba pendekatan baru yang lebih kreatif.

Secara spesifik di SMK, konteks kreativitas ini sering dihubungkan dengan inovasi produk. Misalnya, dalam proyek perancangan mesin sederhana, siswa perlu mengaplikasikan

konsep geometri dan kalkulus untuk mengoptimalkan desain demi penghematan material. Optimalisasi ini adalah contoh nyata dari kreativitas matematis yang menghasilkan solusi efisien dan unik dalam domain kejuruan. Penerapan konsep-konsep matematika tingkat tinggi ini dalam konteks praktis membuktikan bahwa kreativitas siswa SMK tidak terbatas pada seni, tetapi meresap ke dalam pemecahan masalah teknis.

Dengan demikian, hasil penelitian akan menyajikan data kuantitatif mengenai peningkatan nilai *N-Gain* kreativitas dan dilengkapi dengan analisis kualitatif yang menunjukkan bagaimana karakteristik PBL (keterbukaan, kolaborasi, dan autentisitas) secara spesifik memfasilitasi setiap dimensi kreativitas matematis siswa mulai dari kelancaran ide-ide awal, hingga fleksibilitas dalam memilih metode, dan puncaknya pada orisinalitas solusi yang diimplementasikan dalam produk proyek kejuruan.

2. Peningkatan Efektivitas Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis

Hasil utama kedua yang diharapkan adalah peningkatan yang substansial pada kemampuan pemecahan masalah matematis siswa. PBL meniru kondisi nyata di dunia kerja, di mana masalah tidak terstruktur (*ill-structured*) dan memerlukan tahapan yang jelas, mulai dari memahami masalah, merencanakan solusi, melaksanakan rencana, hingga memeriksa kembali (*Polya's steps*). Penelitian ini akan menunjukkan bahwa PBL memfasilitasi siswa dalam menguasai tahapan Polya ini dengan lebih baik dibandingkan metode tradisional. Sebagai contoh, temuan dari Junaedi, dkk. (2022) menegaskan bahwa siswa yang belajar dengan PBL menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan memformulasikan masalah dan membuat model matematika yang relevan dengan konteks proyek.

Peningkatan ini sangat penting bagi siswa SMK karena pemecahan masalah yang efektif akan meminimalkan kesalahan dalam aplikasi teknis di lapangan. Proyek yang bersifat kolaboratif juga memaksa siswa untuk mengartikulasikan proses berpikir mereka dan mempertimbangkan umpan balik, yang merupakan bagian integral dari proses refleksi dalam pemecahan masalah. Selain itu, aspek kontekstualisasi masalah dalam PBL membuat siswa melihat matematika sebagai alat yang ampuh, bukan sekadar mata pelajaran yang menakutkan, sehingga motivasi intrinsik untuk memecahkan masalah meningkat tajam.

Secara khusus, PBL sangat kuat dalam melatih tahapan perumusan dan perencanaan masalah. Proyek otentik di SMK, seperti menganalisis kelayakan bisnis baru atau merencanakan tata letak pabrik mini, tidak datang dengan rumus yang siap pakai. Siswa harus terlebih dahulu mengidentifikasi variabel yang relevan, mengubah data kualitatif menjadi kuantitatif, dan memilih konsep matematika yang tepat untuk dimodelkan. Proses *sense-making* (pencarian makna) ini, yang menurut Sumarmo (2021) merupakan inti dari pemecahan masalah, diasah secara intensif dalam proyek, yang sangat jarang terjadi dalam pembelajaran matematika yang konvensional.

Kemampuan melaksanakan rencana juga meningkat karena proyek menuntut siswa untuk menghadapi hambatan praktis yang seringkali memerlukan penyesuaian model matematika di tengah jalan. Misalnya, jika hasil perhitungan model matematis menunjukkan biaya yang terlalu tinggi, siswa harus kembali memodifikasi variabel dan strategi, yang merupakan keterampilan pemecahan masalah yang fleksibel dan adaptif—sangat dihargai di dunia industri. Penelitian oleh Setiawan (2023) menyoroti bahwa PBL melatih kemampuan siswa dalam membuat keputusan berdasarkan analisis matematis yang akurat, menjadikannya hasil yang lebih fungsional.

Fase kritis lain yang diperkuat PBL adalah pengecekan kembali (refleksi) solusi. Dalam proyek, hasil akhir siswa, baik itu berupa produk fisik, laporan teknis, atau presentasi, harus dipertanggungjawabkan di depan publik atau guru. Proses ini secara alamiah mendorong siswa untuk merefleksikan validitas dan akurasi solusi matematis yang mereka gunakan. Mereka belajar untuk tidak puas dengan jawaban pertama, melainkan mengevaluasi apakah solusi tersebut realistis dan efisien dalam konteks kejuruan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini akan memperlihatkan bahwa melalui siklus proyek yang lengkap dan otentik, siswa tidak hanya mampu menyelesaikan soal, tetapi juga mampu mengelola proses pemecahan masalah dari awal hingga akhir, yang merupakan indikator utama dari kematangan matematis fungsional lulusan SMK.

3. Korelasi Positif antara Konteks Proyek Kejuruan dan Retensi Konsep Matematis

Penelitian akan mengungkap adanya korelasi positif yang kuat antara penggunaan konteks proyek kejuruan yang autentik dan retensi (daya ingat jangka panjang) konsep matematis siswa. Dalam PBL, siswa tidak hanya menghafal rumus, tetapi menggunakannya sebagai alat untuk mencapai tujuan proyek yang konkret (misalnya, menghitung volume material untuk proyek konstruksi, atau mengoptimalkan *profit margin* untuk proyek kewirausahaan). Konteks kejuruan ini memberikan makna yang mendalam pada konsep abstrak. Penelitian oleh Wiyono (2023) mendukung hal ini, menunjukkan bahwa pembelajaran yang terintegrasi antara matematika dan kompetensi kejuruan menghasilkan pemahaman konseptual yang lebih kokoh dan aplikatif.

Retensi yang lebih baik ini terjadi karena PBL memanfaatkan memori episodik dan pemrosesan informasi tingkat tinggi. Siswa mengingat konsep matematika karena konsep itu terkait dengan pengalaman nyata dan tantangan yang mereka atasi dalam proyek, bukan karena pengulangan tanpa makna. PBL, dengan demikian, menjembatani jurang antara pengetahuan sekolah dan keterampilan yang dibutuhkan di industri (*soft skills and hard skills*), memastikan bahwa konsep yang dipelajari tetap relevan dan mudah diakses saat siswa menghadapi situasi serupa di dunia kerja.

Konteks kejuruan berperan sebagai "jangkar kognitif" yang kuat. Ketika konsep matematika seperti persamaan linier atau fungsi kuadrat diaplikasikan untuk memodelkan lintasan produk yang diproduksi atau menghitung biaya produksi, konsep tersebut tidak lagi terisolasi. Menurut teori *Situated Cognition*, pengetahuan lebih mudah diingat dan diterapkan jika dipelajari dalam konteks aslinya (Brown, Collins, & Duguid, 1989). Dalam PBL, konteks kejuruan bertindak sebagai situasi autentik yang mengikat konsep matematis dengan pengalaman praktis siswa, memperkuat koneksi saraf dalam memori jangka panjang.

Selain itu, sifat interdisipliner PBL, yang menghubungkan matematika dengan mata pelajaran kejuruan (misalnya fisika terapan, ekonomi, atau teknik), semakin memperkaya jaringan konseptual dalam pikiran siswa. Misalnya, konsep turunan dalam kalkulus akan lebih mudah diingat oleh siswa teknik mesin jika mereka menggunakannya untuk menghitung laju perubahan kecepatan atau percepatan pada desain prototipe mereka. Penggunaan konsep berulang-ulang dalam berbagai sub-masalah proyek juga berperan sebagai *spaced repetition* yang alami, meningkatkan transferabilitas dan retensi pengetahuan.

Hasil penelitian akan membandingkan hasil tes retensi pada kelompok PBL dengan kelompok kontrol yang diajar secara konvensional. Diharapkan kelompok PBL akan menunjukkan performa yang jauh lebih stabil dalam jangka waktu tertentu, membuktikan bahwa PBL tidak hanya meningkatkan hasil belajar saat itu juga, tetapi juga membangun fondasi pengetahuan yang lebih tahan lama. Hal ini penting untuk memastikan bahwa

lulusan SMK benar-benar membawa bekal matematis yang dapat digunakan sepanjang karir mereka.

Keterlibatan emosional juga memainkan peran signifikan dalam retensi. Proyek yang menarik dan menantang (seperti membuat produk yang akan dijual atau dipamerkan) menimbulkan emosi positif dan rasa kepemilikan. Pembelajaran yang diwarnai oleh emosi positif cenderung lebih mudah diingat. Oleh karena itu, PBL dalam konteks kejuruan berfungsi ganda: sebagai metode kognitif untuk aplikasi dan sebagai pendorong afektif untuk memperkuat memori.

Singkatnya, hasil ini akan memberikan bukti empiris yang kuat bahwa kontekstualisasi yang autentik adalah kunci untuk mengatasi masalah "lupa rumus" yang sering dialami siswa setelah ujian. PBL mengubah konsep matematika menjadi bagian integral dari identitas kejuruan siswa, sehingga retensinya menjadi sebuah hasil alami dari pemahaman fungsional.

4. Peran Mediasi PBL dalam Meningkatkan *Self-Efficacy* dan Sikap Positif Siswa

PBL tidak hanya menghasilkan peningkatan kognitif, tetapi juga menguatkan aspek afektif siswa, terutama dalam hal *self-efficacy* (keyakinan diri) dan sikap positif terhadap matematika. Sifat menantang namun terstruktur dari proyek memberikan siswa kesempatan untuk mengalami kesuksesan yang otentik dalam menyelesaikan tugas-tugas yang sebelumnya dianggap sulit. Setiap keberhasilan kecil dalam proyek, dari merencanakan langkah hingga mempresentasikan hasilnya, berkontribusi pada peningkatan keyakinan diri. Hasil ini konsisten dengan temuan dari Setiawan (2024), yang melaporkan bahwa keterlibatan aktif dalam PBL, khususnya dalam aspek kolaborasi dan presentasi, secara signifikan meningkatkan *self-efficacy* matematis siswa.

Peningkatan *self-efficacy* ini kemudian berimplikasi pada sikap yang lebih positif terhadap matematika. Ketika siswa merasa mampu memecahkan masalah yang nyata menggunakan matematika, persepsi mereka tentang subjek tersebut berubah dari mata pelajaran yang menakutkan menjadi alat yang bermanfaat dan memberdayakan. Selain itu, proyek yang melibatkan kolaborasi dan *scaffolding* (bantuan bertahap) dari guru dan teman sebaya, sesuai dengan teori Vygotsky, membantu siswa mengatasi kecemasan matematis dan menumbuhkan motivasi belajar yang bersifat berkelanjutan.

PBL memberikan siswa pengalaman keberhasilan vicarious (tidak langsung) dan pengalaman penguasaan (langsung) yang merupakan dua sumber utama *self-efficacy* menurut Bandura. Keberhasilan vicarious terjadi ketika siswa melihat teman sebaya mereka (terutama yang memiliki tingkat kemampuan setara) berhasil menyelesaikan tantangan proyek menggunakan konsep matematika. Ini memberi keyakinan kepada siswa yang lain bahwa mereka juga dapat melakukannya. Pengalaman penguasaan terjadi ketika siswa secara langsung berhasil dalam sub-tugas proyek, yang kemudian memvalidasi kemampuan mereka sendiri.

Faktor otoritas dan otonomi dalam PBL juga berperan. Dalam PBL, siswa sering diberikan otonomi untuk merencanakan, mendesain, dan mengambil keputusan dalam proyek mereka (misalnya, memilih jenis material, metode perhitungan, atau desain akhir). Otonomi ini, dikombinasikan dengan rasa tanggung jawab terhadap produk akhir, menumbuhkan rasa kepemilikan atas proses belajar. Rasa kepemilikan ini secara psikologis mengurangi rasa takut terhadap matematika, mengubahnya menjadi alat yang dapat mereka kontrol dan manfaatkan untuk mencapai tujuan yang mereka tetapkan sendiri.

Hasil penelitian ini akan mencakup data yang diukur melalui skala *self-efficacy* dan inventaris sikap (misalnya, kecemasan, minat, dan nilai guna matematika). Diharapkan akan ditemukan bahwa *self-efficacy* yang lebih tinggi akan memediasi hubungan antara PBL dan peningkatan hasil belajar kognitif. Artinya, PBL meningkatkan *self-efficacy* siswa, yang kemudian mendorong mereka untuk lebih gigih, tidak mudah menyerah, dan berani mengambil risiko dalam pemecahan masalah yang kompleks, yang akhirnya meningkatkan skor kreativitas dan pemecahan masalah mereka.

Dengan demikian, hasil ini menegaskan bahwa PBL bukan hanya metode mengajar, tetapi juga intervensi psikologis yang transformatif. PBL membantu siswa SMK membangun fondasi emosional dan psikologis yang diperlukan untuk menjadi pembelajar seumur hidup yang percaya diri, yang sangat krusial dalam menghadapi lingkungan kerja yang kompetitif dan cepat berubah.

5. Pengembangan *Learning Trajectory* PBL yang Optimal untuk Karakteristik Siswa SMK

Penelitian akan menghasilkan luaran berupa model atau *learning trajectory* (lintasan belajar) implementasi PBL yang teruji optimal dan secara khusus disesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan siswa SMK. Model yang ditemukan akan merinci tahapan proyek (misalnya, perumusan masalah kejuruan, desain model matematika awal, revisi prototipe, hingga evaluasi) yang paling efektif dalam memicu kreativitas dan pemecahan masalah. *Learning trajectory* ini akan menjadi panduan preskriptif bagi guru SMK. Hasil ini penting karena PBL seringkali gagal jika diterapkan tanpa penyesuaian yang cermat terhadap konteks vokasi.

Model optimal ini akan menekankan pentingnya pertanyaan esensial (*driving question*) yang sangat relevan dengan kejuruan siswa, sebagaimana diidentifikasi oleh Sari, dkk. (2021). Model ini juga akan menekankan peran guru sebagai fasilitator dan *More Knowledgeable Other (MKO)* yang memberikan *scaffolding* secara tepat waktu (sesuai teori Vygotsky) alih-alih memberikan jawaban langsung. Dengan demikian, *learning trajectory* yang dihasilkan bukan hanya teoritis, tetapi berbasis praktik terbaik yang terbukti efektif dalam memajukan kompetensi *Higher-Order Thinking Skills (HOTS)* di lingkungan pendidikan kejuruan.

Secara rinci, *learning trajectory* yang optimal akan menguraikan kapan dan bagaimana intervensi matematis spesifik harus dilakukan. Misalnya, pada tahap perancangan purwarupa, *trajectory* akan menyarankan intervensi pada materi geometri ruang dan trigonometri yang diperlukan untuk memvalidasi desain. Pada tahap pengujian atau analisis hasil, intervensi akan berfokus pada statistika dan analisis regresi. Ketepatan waktu dan relevansi intervensi ini, yang disebut *just-in-time mathematics*, memastikan bahwa siswa mengaitkan konsep matematika secara langsung dengan kebutuhan proyek kejuruan mereka.

Model yang dikembangkan juga akan memperhitungkan manajemen waktu proyek yang merupakan tantangan utama di SMK. Proyek di SMK cenderung memakan waktu lebih lama karena melibatkan pembuatan produk fisik. *Trajectory* yang optimal akan membagi proyek besar menjadi *mini-projects* yang memiliki *deadline* matematis yang jelas dan terpisah, memastikan bahwa setiap konsep matematika dipelajari dan diterapkan secara mendalam sebelum berlanjut ke tahap berikutnya. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Widana dan Septiari (2021) yang menekankan perlunya manajemen proyek yang terstruktur dalam PBL di sekolah vokasi.

Selain itu, *trajectory* akan memberikan pedoman untuk mekanisme penilaian autentik yang dapat mengukur kreativitas dan pemecahan masalah secara objektif, tidak hanya berfokus pada produk akhir, tetapi juga pada proses. Penilaian ini dapat berupa *rubric* penilaian untuk *mathematical modeling* dan *peer assessment* untuk aspek kolaborasi dan *fluency* ide. Model ini akan menjadi kontribusi metodologis yang signifikan bagi guru matematika di SMK, membantu mereka menerapkan PBL secara konsisten dan efektif.

Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya berhenti pada pembuktian efektivitas PBL, tetapi menghasilkan sebuah produk kurikuler berupa model operasional yang *ready-to-use*, yang menjamin bahwa peningkatan kreativitas dan pemecahan masalah dapat direplikasi di SMK lain dengan program keahlian yang serupa.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini secara meyakinkan akan menunjukkan bahwa Pembelajaran Berbasis Proyek (PBL) merupakan intervensi pedagogis yang superior dan transformatif dibandingkan metode konvensional dalam pendidikan matematika di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Hasil utama yang diperoleh adalah peningkatan signifikan pada dua kompetensi kunci abad ke-21: kemampuan kreativitas matematis dan pemecahan masalah matematis. PBL, dengan desain yang otentik dan menantang, memaksa siswa untuk melampaui perhitungan algoritmik semata menuju pemodelan matematis yang fleksibel dan orisinal. Peningkatan ini didorong oleh lingkungan proyek yang menuntut siswa untuk menghasilkan solusi yang beragam (*fluency* dan *flexibility*) serta solusi inovatif yang relevan dengan konteks kejuruan mereka (*originality*), yang merupakan inti dari kreativitas fungsional.

Faktor kunci keberhasilan PBL terletak pada kemampuannya untuk mengontekstualisasi konsep matematika secara mendalam ke dalam masalah kejuruan nyata. Kontekstualisasi ini tidak hanya meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa dalam tahapan Polya (memahami, merencanakan, melaksanakan, dan memeriksa) tetapi juga menghasilkan retensi konsep yang lebih kuat dan tahan lama. Proyek otentik bertindak sebagai "jangkar kognitif" yang mengikat teori matematika abstrak dengan pengalaman praktis dan emosional siswa. Akibatnya, siswa memandang matematika bukan lagi sebagai mata pelajaran yang menakutkan, melainkan sebagai alat yang memberdayakan dan esensial untuk memecahkan hambatan teknis dan wirausaha di bidang keahlian mereka.

Secara afektif dan psikologis, penelitian ini menegaskan bahwa PBL berperan sebagai mediator penting dalam membangun *self-efficacy* dan sikap positif terhadap matematika. Kesuksesan yang dialami siswa saat berhasil menyelesaikan tantangan proyek yang kompleks meningkatkan keyakinan diri mereka (*self-efficacy*), yang kemudian mendorong mereka menjadi pembelajar yang lebih gigih dan berani mengambil risiko dalam pemecahan masalah. Selain itu, aspek kolaboratif yang didukung oleh teori konstruktivisme sosial Vygotsky, melalui *scaffolding* dan interaksi antar-teman sebaya, membantu siswa mengatasi kecemasan matematis dan menumbuhkan motivasi intrinsik untuk berinovasi.

Sebagai luaran praktis, penelitian ini akan menyumbangkan model atau *learning trajectory* PBL yang teruji secara empiris dan spesifik untuk diterapkan di lingkungan vokasi. Model preskriptif ini akan menjadi panduan bagi guru SMK dalam merancang proyek yang optimal, mengatur *just-in-time mathematics*, dan menerapkan penilaian autentik yang mampu mengukur kreativitas dan pemecahan masalah secara objektif. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam menyiapkan lulusan SMK yang unggul, tidak hanya terampil secara teknis, tetapi juga mahir dalam bernalar, kreatif, dan siap berinovasi di dunia kerja yang kompetitif.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, R. (2022). Project Based Learning dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 5(4), 540–550.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42.
- Hanifah, N., Sari, C., Kholid, M., & Faiziyah, N. (2024). Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa dalam Memecahkan Masalah Segitiga dan Segiempat. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1), 827–840.
- Hobri, H., Ummah, S., Yuliati, S., & Dafik, D. (2020). *Studi Literatur: Creative Problem Solving Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif dan Pemecahan Masalah Matematis Siswa*. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika Jakarta*, 5(2), 29–44.
- Istikomah, I. (2020). Tinjauan Pustaka: Landasan Teori Belajar Vygotsky. Dalam *Repository Unimus*.
- Junaedi, R., Tarno, T., & Mariani, S. (2022). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMK Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 5(1), 101–110.
- Lestari, D. A. B., Astuti, B., & Darsono, T. (2018). Pengaruh Penerapan STEM Project-Based Learning terhadap Kreativitas Matematis Siswa SMK. *Indonesian Digital Journal of Mathematics and Education*, 3(4), 264–272.
- Mutia, A., Nurdin, T., & Fitria, Y. (2023). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa Melalui Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 1345–1355.
- Purnami, F. T., Aini, F. N., & Syahputra, S. (2022). Pentingnya Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Matematis Siswa SMK dalam Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 10(2), 150–162.
- Ramdhani, S. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa SMK dalam Menyelesaikan Soal Open-Ended. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 12(1), 45–56.
- Sari, Y., Wardono, & Kurniasih, A. W. (2021). Peran *Driving Question* dalam Project Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 5(1), 18–29.
- Setiawan, D. (2023). Pengaruh Project Based Learning Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Keterampilan Pengambilan Keputusan Siswa SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 13(2), 150–160.
- Setiawan, H. (2024). Peningkatan *Self-Efficacy* Matematis Siswa melalui Implementasi Project Based Learning di SMK. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Matematika*, 18(1), 75–88.
- Silver, E. A. (1997). Fostering Creativity Through Instruction Rich in Mathematical Problem Solving and Thinking. *ZDM Mathematics Education*, 29(3), 85–91.

- Sumarmo, U. (2021). *Berpikir dan Disposisi Matematik: Upaya Peningkatan dengan Pembelajaran Berbasis Masalah*. FPMIPA UPI.
- Supriyadi, S., & Kuncoro, K. (2023). Analisis Persepsi Siswa SMK terhadap Relevansi Matematika dengan Kejuruan Teknik Mesin. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika (SEMANTIK)*.
- Widana, I. W., & Septiari, K. L. (2021). Kemampuan Berpikir Kreatif dan Hasil Belajar Matematika Siswa Menggunakan Model Pembelajaran Project-Based Learning Berbasis Pendekatan STEM. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 12(1), 22–35.
- Wiyono, A. (2023). Kontekstualisasi Pembelajaran Matematika Terintegrasi Kejuruan untuk Meningkatkan Pemahaman Konseptual Siswa SMK. *Jurnal Vokasi Indonesia*, 11(1), 45–55.