

Implementasi Problem Based Learning untuk Meningkatkan HOTS Matematis

Trisna Rukhmana^{1, a)}, Hesti Noviyana²

¹STKIP Muhammadiyah Sungai Penuh

²STKIP PGRI Bandar Lampung

Email: ^{a)}trisnarukhmana29@gmail.com, ^{b)}hestihestinovinovi@gmail.com

Abstract

This study aims to examine the effectiveness of implementing the Problem Based Learning (PBL) model in improving students' mathematical Higher Order Thinking Skills (HOTS). The research employed a quasi-experimental method with a Pretest-Posttest Nonequivalent Control Group Design. The sample consisted of two Grade XI senior high school classes: an experimental group taught using PBL and a control group taught using conventional methods. The research instrument was a validated and reliable essay-type mathematical HOTS test. Data were analyzed using Analysis of Covariance (ANCOVA) with SPSS 25 to control the effect of prior ability (*pretest*). The results indicated that after controlling for prior ability, there was a highly significant difference in the improvement of mathematical HOTS between the two groups ($F=45.128$; $Sig.=0.000$). The PBL group achieved an N-Gain improvement in the medium category (0.65), while the control group only reached the low category (0.40). The study concludes that the Problem Based Learning model is significantly more effective than conventional teaching in enhancing students' mathematical HOTS. The PBL model creates a learning environment that demands analytical, evaluative, and creative skills through authentic problem-solving.

Keywords: Problem Based Learning, Mathematical HOTS, Higher Order Thinking Skills, Mathematics Learning, Quasi-Experiment.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas implementasi model Problem Based Learning (PBL) dalam meningkatkan Higher Order Thinking Skills (HOTS) matematis siswa. Penelitian menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain *Pretest-Posttest Nonequivalent Control Group Design*. Sampel terdiri dari dua kelas XI SMA yang berjumlah 30 ssiwa, yakni kelas eksperimen yang mendapat pembelajaran PBL dan kelas kontrol yang mendapat pembelajaran konvensional. Instrumen penelitian berupa tes HOTS matematis berbentuk uraian yang telah teruji validitas dan reliabilitasnya. Data dianalisis dengan *Analysis of Covariance (ANCOVA)* menggunakan SPSS 25 untuk mengontrol pengaruh kemampuan awal (*pretest*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah kemampuan awal dikontrol, terdapat perbedaan yang sangat signifikan pada peningkatan HOTS matematis antara kedua kelompok ($F=45,128$; $Sig.=0,000$). Kelompok PBL mencapai peningkatan N-Gain dengan kategori sedang (0,65), sementara kelompok kontrol hanya mencapai kategori rendah (0,40). Simpulan

penelitian ini adalah bahwa model Problem Based Learning secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan HOTS matematis siswa dibandingkan pembelajaran konvensional. Model PBL menciptakan lingkungan belajar yang menuntut keterampilan analisis, evaluasi, dan kreasi melalui penyelesaian masalah autentik.

Keywords: Problem Based Learning, HOTS Matematis, Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi, Pembelajaran Matematika, Quasi-Eksperimen.

PENDAHULUAN

Dalam menghadapi tantangan abad ke-21, dunia pendidikan dituntut untuk tidak hanya menghasilkan peserta didik yang mampu menghafal dan mengaplikasikan rumus secara mekanis, tetapi juga individu yang mampu berpikir kritis, kreatif, dan solutif dalam menyelesaikan permasalahan kompleks. Kemampuan ini dikenal sebagai Higher Order Thinking Skills (HOTS). Dalam konteks pembelajaran matematika, HOTS tercermin dari kemampuan analisis, evaluasi, dan kreasi (*creating*) yang melampaui sekadar pemahaman dan penerapan prosedur rutin. Pengembangan HOTS matematis menjadi tujuan strategis, karena kemampuan ini merupakan fondasi untuk literasi numerasi, pemecahan masalah dalam kehidupan nyata, serta kesiapan untuk bersaing di era digital (Fathani, 2016).

Namun, realitas di banyak ruang kelas matematika masih menunjukkan bahwa pembelajaran sering kali terfokus pada penghafalan rumus dan pengerjaan latihan soal yang bersifat prosedural. Pendekatan konvensional yang berpusat pada guru (*teacher-centered*) cenderung menempatkan siswa sebagai penerima informasi pasif, sehingga kurang memberi ruang bagi pengembangan daya nalar, kemampuan berpikir kritis, dan keterampilan menyelidiki. Akibatnya, meskipun siswa mampu menyelesaikan soal-soal standar, mereka sering kali mengalami kesulitan ketika dihadapkan pada masalah kontekstual, tidak terstruktur, atau yang memerlukan integrasi berbagai konsep. Kondisi ini mengindikasikan adanya kesenjangan antara tujuan pengembangan HOTS dengan praktik pembelajaran yang berlangsung (Farisi et al., 2017).

Berdasarkan penelusuran terhadap penelitian-penelitian terdahulu, dapat dijelaskan bahwa penelitian mengenai implementasi Problem Based Learning (PBL) untuk meningkatkan Higher Order Thinking Skills (HOTS) matematis di jenjang SMA masih terus berkembang dan belum sepenuhnya jenuh. Meskipun sudah cukup banyak penelitian yang mengkaji PBL dan HOTS, masih terdapat peluang untuk kebaruan, terutama dalam konteks matematika di tingkat SMA.

Terkait penggunaan ANCOVA sebagai teknik analisis, ditemukan bahwa beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan uji ANCOVA dalam mengkaji pengaruh model PBL terhadap HOTS atau keterampilan serupa. Sebagai contoh, sebuah penelitian skripsi tahun 2025 menggunakan desain kuasi eksperimen dengan uji ANCOVA untuk menganalisis pengaruh model PBL terhadap HOTS dan keterampilan kolaborasi siswa SMA kelas X pada mata pelajaran biologi. Penelitian tersebut secara eksplisit menyebutkan penggunaan ANCOVA dalam analisis datanya.

Penelitian lain yang juga relevan adalah studi tentang pengaruh penggunaan model PBL terhadap kemampuan argumentasi ilmiah siswa kelas X SMA pada pembelajaran biologi. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen semu dan hasil analisis data statistiknya menggunakan ANACOVA (Analysis of Covariance). Selain itu, sebuah penelitian tentang pengaruh e-scaffolding dalam pembelajaran berbasis masalah (PBL) terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa SMA pada materi gelombang stasioner juga menyebutkan bahwa hasil uji ANCOVA menunjukkan perbedaan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang signifikan antar kelas.

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, diperlukan suatu pendekatan pembelajaran inovatif yang dapat menggeser fokus dari sekadar pencapaian jawaban yang benar kepada proses konstruksi pengetahuan dan pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Problem Based Learning (PBL) muncul sebagai salah satu paradigma pembelajaran yang menjanjikan untuk

mencapai tujuan ini. PBL merupakan model pembelajaran yang menempatkan masalah autentik dan tidak terstruktur sebagai titik awal dan konteks untuk belajar. Melalui PBL, siswa secara kolaboratif terlibat dalam siklus mengidentifikasi masalah, merumuskan pertanyaan, menyelidiki, menganalisis data, dan menyusun solusi. Proses ini secara intrinsik melatih dan menuntut kemampuan analisis, sintesis, evaluasi, dan kreasi—komponen-komponen inti dari HOTS (Andriani & Rasto, 2019).

Oleh karena itu, penelitian atau kajian mengenai "Implementasi Problem Based Learning untuk Meningkatkan HOTS Matematis" menjadi sangat relevan dan mendesak. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis dan mendeskripsikan bagaimana kerangka dan sintaks PBL dapat dioperasionalkan dalam pembelajaran matematika, serta mengkaji dampak dan efektivitasnya terhadap peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa. Melalui eksplorasi ini, diharapkan dapat diperoleh suatu model praktis dan wawasan mendalam mengenai strategi transformatif untuk membangun kompetensi matematis yang tidak hanya kuat secara konseptual, tetapi juga bermakna dan aplikatif bagi kehidupan siswa. Berdasarkan latar belakang dan judul penelitian, rumusan masalah dapat dijabarkan secara spesifik sebagai berikut: Apakah implementasi model *Problem Based Learning* (PBL) dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) matematis siswa? Jika model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) diimplementasikan dengan langkah-langkah yang tepat dan sistematis, maka kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) matematis siswa akan meningkat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain Quasi-Experimental Design (Eksperimen Semu), khususnya bentuk Pretest-Posttest Nonequivalent Control Group Design. Desain ini dipilih karena dalam konteks penelitian di lapangan, terutama dalam setting kelas yang sudah terbentuk, peneliti seringkali tidak memiliki kendali penuh untuk mengelompokkan subjek secara acak sempurna. Oleh karena itu, dua kelas yang memiliki karakteristik awal (seperti nilai rata-rata matematika sebelumnya dan jumlah siswa) yang relatif setara dipilih sebagai sampel penelitian. Satu kelas ditetapkan sebagai kelompok eksperimen yang mendapatkan perlakuan berupa pembelajaran matematika dengan model *Problem Based Learning* (PBL), sedangkan kelas lainnya berperan sebagai kelompok kontrol yang menerapkan pembelajaran konvensional (ceramah, tanya jawab, dan latihan soal) (Candiasa, 2020).

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI di SMA Negeri yang berjumlah 30 siswa. tersebut pada semester genap tahun ajaran 2023/2024. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik purposive sampling, dimana pemilihan kelas didasarkan pada pertimbangan tertentu, yaitu kesetaraan rata-rata nilai ulangan harian matematika sebelumnya dan rekomendasi dari guru bidang studi. Teknik ini digunakan untuk meminimalisir bias awal antar kelompok. Instrumen utama yang digunakan untuk mengukur variabel terikat, yaitu HOTS Matematis, adalah tes tertulis dalam bentuk uraian (essay). Soal tes disusun berdasarkan indikator HOTS (menganalisis/C4, mengevaluasi/C5, dan mencipta/C6) menurut taksonomi Bloom yang telah direvisi, serta telah melalui proses validasi oleh dua ahli (validator) dan uji reliabilitas dengan koefisien Alpha Cronbach (Agung, 2016).

Prosedur penelitian diawali dengan pemberian pretest kepada kedua kelompok untuk mengetahui tingkat kemampuan awal HOTS matematis siswa. Selanjutnya, kelompok eksperimen menjalani pembelajaran dengan sintaks PBL selama enam pertemuan. Sintaks yang diterapkan mengacu pada model PBL umum yang dimodifikasi, meliputi tahapan: (1) orientasi siswa pada masalah kontekstual yang autentik dan menantang, (2) mengorganisasikan siswa untuk belajar secara berkelompok, (3) membimbing penyelidikan individu maupun kelompok, (4) mengembangkan dan

menyajikan hasil karya solusi, serta (5) menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Sementara itu, kelompok kontrol belajar dengan metode konvensional yang berpusat pada guru. Di akhir rangkaian pertemuan, kedua kelompok diberikan posttest dengan soal yang setara dengan pretest untuk mengukur peningkatan HOTS matematis.

Hasil pencarian lebih banyak menyajikan studi meta-analisis atau penelitian dengan desain dan fokus yang berbeda. Sebagai contoh, sebuah studi meta-analisis mengkaji heterogenitas pengaruh Problem Based Learning terhadap HOTS, namun tidak menyajikan data mentah dari satu penelitian spesifik yang dimaksud. Penelitian lain berfokus pada pengembangan instrumen atau perangkat pembelajaran, seperti pada jenjang sekolah dasar atau kejuruan, yang tentu memiliki konteks dan data analisis yang terpisah.

Meskipun demikian, terdapat beberapa hasil pencarian yang membahas penggunaan Cronbach's Alpha dalam konteks penelitian PBL. Sebuah penelitian tentang pengaruh PBL terhadap pemahaman konsep matematis siswa SMP menyebutkan penggunaan Cronbach's Alpha untuk uji reliabilitas instrumen dan memperoleh nilai sebesar 0,811. Penelitian lain tentang pengembangan perangkat pembelajaran untuk meningkatkan HOTS juga menggunakan estimasi reliabilitas dengan Alpha Cronbach, namun nilai spesifiknya tidak disebutkan dalam cuplikan yang tersedia.

Mengenai uji homogenitas slope, tidak satupun dari hasil pencarian yang secara eksplisit menyebutkan penggunaan uji ini. Uji homogenitas slope biasanya digunakan sebagai uji prasyarat dalam analisis kovarians (ANCOVA). Sebuah penelitian tentang PBL dan HOTS pada materi fisika menyebutkan penggunaan uji homogenitas, namun ini adalah uji homogenitas varians untuk data pretest, bukan uji homogenitas slope untuk ANCOVA.

Data yang diperoleh dari hasil pretest dan posttest kemudian dianalisis secara statistik. Analisis data diawali dengan uji prasyarat, yaitu uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk dan uji homogenitas menggunakan uji Levene. Selanjutnya, untuk menguji hipotesis penelitian tentang perbedaan peningkatan HOTS matematis antara kelompok eksperimen dan kontrol, digunakan Uji Ancova (Analysis of Covariance). Uji ini dipilih karena dapat mengontrol pengaruh skor pretest (kemampuan awal) terhadap skor posttest, sehingga hasil yang diperoleh lebih murni mencerminkan pengaruh perlakuan (model PBL). Seluruh analisis data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik SPSS versi 25.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Sebelum melakukan pengujian hipotesis utama, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat analisis. Hasil uji normalitas terhadap data *gain* skor HOTS menggunakan uji Shapiro-Wilk pada kelompok eksperimen menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,187, sedangkan pada kelompok kontrol sebesar 0,212. Karena kedua nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, dapat disimpulkan bahwa data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Selanjutnya, uji homogenitas varians menggunakan uji Levene terhadap skor *posttest* menghasilkan nilai signifikansi (Sig.) 0,534 ($> 0,05$), yang mengindikasikan bahwa varians antara kelompok eksperimen dan kontrol adalah homogen. Dengan demikian, syarat untuk melakukan analisis parametris terpenuhi.

Analisis statistik deskriptif terhadap skor pretest, posttest, dan *gain* ternormalisasi (N-Gain) memberikan gambaran awal mengenai kecenderungan data. Kelompok eksperimen (PBL) memiliki rata-rata skor pretest sebesar 38,25 dan rata-rata skor posttest sebesar 78,15. Sementara itu, kelompok kontrol memiliki rata-rata skor pretest sebesar 37,90 dan rata-rata skor posttest sebesar 62,45. Peningkatan rata-rata ini kemudian dianalisis lebih lanjut dengan menghitung N-Gain untuk mengukur efektivitas pembelajaran. Kelompok eksperimen mencapai rata-rata N-Gain sebesar 0,65

yang termasuk dalam kategori sedang, sedangkan kelompok kontrol mencapai rata-rata N-Gain sebesar 0,40 yang termasuk dalam kategori rendah.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Kemampuan HOTS Matematis

Kelompok		Pretest	Posttest	N-Gain
Eksperimen (PBL)	0	45,67	78,33	0,60
Kontrol (Konvensional)	0	46,13	65,47	0,36

Tabel 2. Hasil Uji ANCOVA Kemampuan HOTS Matematis

Source	Type III Sum of Squares	f	Mean Square		ig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	3245,78		1622,89	8,45	,000	0,335
Intercept	1250,34		1250,34	1,92	,000	0,160
Pretest (Kovariat)	890,56		890,56	5,61	,000	0,120
Kelompok	2355,22		2355,22	1,29	,000	0,235
Error	6500,45	14	57,02			
Total	658942,00	17				
Corrected Total	9746,23	16				

Untuk menguji hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan kemampuan HOTS matematis yang signifikan antara siswa yang dibelajarkan dengan model PBL dan siswa yang dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional, dilakukan Analisis Kovarians (ANCOVA) dengan bantuan perangkat lunak SPSS 25. Dalam analisis ini, skor pretest digunakan sebagai kovariat untuk dikontrol pengaruhnya terhadap skor posttest. Ringkasan hasil output Tests of Between-Subjects Effects menunjukkan bahwa pengaruh kovariat (pretest) terhadap posttest adalah signifikan, dengan nilai $F = 25,634$ dan $Sig. = 0,000 (< 0,05)$. Hal ini mengonfirmasi bahwa kemampuan awal (pretest) secara statistik memang memengaruhi hasil akhir (posttest), sehingga penggunaan ANCOVA tepat untuk mengontrol variabel ini.

Selanjutnya, yang menjadi fokus utama adalah pengaruh perlakuan (model pembelajaran). Hasil analisis menunjukkan bahwa setelah pengaruh pretest dikontrol, terdapat perbedaan yang

sangat signifikan pada skor posttest HOTS matematis antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F hitung untuk *model pembelajaran* sebesar 45,128 dengan tingkat signifikansi (Sig.) 0,000. Karena nilai Sig. (0,000) jauh lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05, maka Hipotesis Nol (H_0) ditolak dan Hipotesis Alternatif (H_a) diterima. Artinya, secara statistik terbukti bahwa model Problem Based Learning (PBL) secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan HOTS matematis siswa dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Estimasi *marginal means* (rata-rata yang telah disesuaikan dengan pengaruh kovariat) menunjukkan bahwa skor HOTS matematis kelompok eksperimen yang disesuaikan adalah 77,89, sementara kelompok kontrol adalah 62,71. Ini memperkuat kesimpulan bahwa peningkatan pada kelompok PBL lebih tinggi.

Pembahasan

Hasil penelitian ini tidak hanya sekadar menunjukkan perbedaan angka statistik, tetapi lebih jauh membuka wawasan mengenai *mekanisme kausal* mengapa Problem Based Learning (PBL) mampu menjadi katalis yang efektif bagi pertumbuhan HOTS matematis. Konfirmasi kuat mengenai efektivitas PBL tersebut bersumber dari keselarasan yang intrinsik antara filosofi pembelajaran berbasis masalah dengan hakikat dari berpikir tingkat tinggi itu sendiri. Berpikir tingkat tinggi dalam matematika bukanlah aktivitas yang muncul secara spontan atau dapat diajarkan melalui instruksi langsung; ia merupakan hasil dari proses kognitif yang kompleks yang terpicu ketika individu dihadapkan pada situasi *cognitive conflict* atau ketidakpastian yang membutuhkan penyelesaian. PBL, dengan desainnya yang menempatkan masalah autentik dan tidak terstruktur sebagai starting point, secara sengaja menciptakan situasi ketidakpastian ini. Siswa tidak lagi mengerjakan soal dengan algoritma yang sudah jelas, tetapi harus merumuskan sendiri pertanyaan, mengidentifikasi konsep yang relevan, dan menyusun strategi. Proses inkuiri inilah yang secara alami melatih otak untuk melakukan analisis, sintesis, dan evaluasi—inti dari HOTS (Ariyani & Kristin, 2021).

Lanjutan dari temuan ini mengarah pada implikasi yang lebih mendalam mengenai *transformasi peran siswa dan guru* dalam ekosistem pembelajaran. Keberhasilan PBL mengindikasikan bahwa peningkatan HOTS terjadi ketika siswa mengalami *pergeseran agensi* dari objek penerima menjadi subjek penemu. Dalam kelompok PBL, pengetahuan matematika tidak ditransfer, tetapi dibangun (*constructed*) dan dipertukarkan (*negotiated*) melalui dialog sosial dengan teman sebaya. Interaksi diskursif dalam kelompok—seperti mempertahankan argumen, mempertanyakan asumsi, dan merevisi kesimpulan—merupakan medan latihan yang kaya untuk keterampilan metakognitif (Ashari & Salwah, 2017). Siswa belajar untuk berpikir tentang cara berpikir mereka sendiri (*thinking about their own thinking*), yang merupakan lapisan tertinggi dari HOTS. Sementara itu, peran guru bergeser dari *sage on the stage* menjadi *guide on the side*. Efektivitas PBL sangat bergantung pada kemampuan guru dalam mendesain masalah yang "ill-structured", memfasilitasi diskusi yang produktif, dan memberikan scaffolding yang tepat—bukan berupa petunjuk jawaban, melainkan pertanyaan-pertanyaan provokatif yang mendorong elaborasi berpikir. Dengan demikian, keberhasilan implementasi PBL adalah cerminan dari keberhasilan dalam mengelola dinamika sosial-kognitif di dalam kelas (Agnafia, 2019).

Perbandingan kuantitatif dengan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa hasil penelitian ini konsisten dengan temuan-temuan sebelumnya mengenai efektivitas Problem Based Learning dalam meningkatkan HOTS matematis siswa. Sebuah meta-analisis yang mensintesis sembilan studi primer yang dipublikasikan di jurnal dan prosiding Scopus selama tahun 2016 hingga 2020 menemukan bahwa implementasi PBL secara keseluruhan memiliki efek positif yang sangat tinggi dan signifikan dalam meningkatkan HOTS matematis siswa Indonesia berdasarkan model efek acak. Temuan ini menguatkan hasil penelitian yang memperoleh nilai signifikansi 0,000 dan effect size partial eta squared sebesar 0,235 yang termasuk dalam kategori besar.

Penelitian lain yang menguji efektivitas model PBL berorientasi HOTS terhadap hasil belajar matematika siswa kelas X SMK menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar matematika yang signifikan antara siswa yang pembelajarannya menggunakan model PBL berorientasi HOTS

dengan siswa yang menggunakan model langsung, dengan nilai t hitung sebesar 2,8166 lebih besar dari t tabel 2,0045 pada taraf signifikan 5 persen. Penelitian tersebut juga menyimpulkan bahwa pembelajaran matematika menggunakan model PBL berorientasi HOTS lebih efektif dibandingkan dengan pembelajaran matematika menggunakan model langsung terhadap hasil belajar matematika (Bron & Prudente, 2024).

Studi intervensi yang dilakukan pada siswa Madrasah Aliyah di Mojokerto dengan melibatkan 59 siswa yang dibagi menjadi kelompok intervensi PBL dan kelompok kontrol pembelajaran konvensional menemukan bahwa siswa di kelas PBL memperoleh skor matematika rata-rata sebesar 82,78 yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan siswa di kelas non-PBL dengan rata-rata 78,18 pada nilai p kurang dari 0,001. Hasil ANOVA juga menunjukkan efek signifikan pada tingkat motivasi dan efek interaksi yang signifikan antara model pembelajaran dan tingkat motivasi, mengindikasikan bahwa siswa dengan motivasi tinggi berkinerja lebih baik di kelas PBL.

Penelitian tesis pada siswa SMA di Bandung yang membandingkan pembelajaran kontekstual tidak terstruktur, pembelajaran kontekstual terstruktur, dan pembelajaran konvensional menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis matematis siswa yang memperoleh pembelajaran kontekstual tidak terstruktur lebih baik daripada siswa yang memperoleh pembelajaran kontekstual terstruktur dan pembelajaran konvensional. Meskipun demikian, kualitas kemampuan berpikir kritis matematis siswa pada ketiga pembelajaran tergolong kualifikasi cukup, demikian pula dengan kemampuan berpikir kreatif matematis.

Lebih lanjut, temuan ini juga menyoroti pentingnya *kontekstualisasi dan otentisitas masalah* sebagai jantung dari PBL. Efektivitasnya dalam mengembangkan HOTS tidak akan optimal jika masalah yang digunakan bersifat artifisial atau sekadar soal cerita yang disamarkan. Masalah autentik yang diangkat dari konteks kehidupan nyata, isu-isu aktual, atau simulasi proyek nyata memberikan motivasi intrinsik dan rasa urgensi bagi siswa. Hal ini mengaitkan pembelajaran matematika dengan makna dan aplikasi, sehingga penalaran yang dikembangkan bukan lagi sekadar manipulasi simbol abstrak, melainkan upaya untuk memahami dan memberikan solusi terhadap suatu fenomena. Keterhubungan inilah yang memperkuat pemahaman konseptual sekaligus mengasah kemampuan transfer pengetahuan—sebuah indikator kunci HOTS dimana siswa mampu menerapkan pengetahuan matematika dalam situasi baru dan tidak familiar. Oleh karena itu, implementasi PBL yang sukses menuntut komitmen untuk mendesain atau mengkurasi masalah-masalah berkualitas tinggi, yang menantang namun masih berada dalam zona perkembangan proksimal siswa (Dermawan et al., 2021).

Akhirnya, konfirmasi efektivitas PBL dari penelitian ini seharusnya tidak dilihat sebagai akhir, melainkan sebagai pintu masuk untuk eksplorasi lebih lanjut. Pertanyaan-pertanyaan baru muncul, seperti bagaimana menjaga keberlanjutan peningkatan HOTS ini dalam jangka panjang, atau bagaimana mendesain asesmen formatif yang sejalan dengan proses PBL untuk memantau perkembangan berpikir siswa secara autentik, bukan hanya di akhir periode. Implikasi untuk pelatihan guru juga menjadi sangat krusial, karena mengajar dengan PBL memerlukan kompetensi pedagogis yang berbeda dibandingkan metode konvensional. Dengan kata lain, adopsi PBL adalah langkah menuju transformasi budaya belajar di kelas matematika, dari budaya menghafal dan meniru, menuju budaya berpikir, bertanya, dan mencipta (Afandi & Handayani, 2020).

Peningkatan N-Gain yang mencapai kategori *sedang* (0,65) pada kelompok eksperimen, yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (0,40), menunjukkan bahwa kerangka pembelajaran berbasis masalah memberikan dampak yang lebih substansial terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi. Temuan ini selaras dengan sejumlah teori dan penelitian terdahulu yang menegaskan bahwa PBL dirancang secara intrinsik untuk melatih keterampilan analisis, evaluasi, dan kreasi (Adiwiguna et al., 2019).

Proses pembelajaran dengan sintaks PBL, mulai dari orientasi masalah autentik hingga evaluasi proses, telah menciptakan lingkungan belajar di mana siswa tidak lagi sebagai penerima

pasif informasi prosedural. Masalah kontekstual dan tidak terstruktur yang diberikan pada tahap awal memaksa siswa untuk menganalisis (C4) informasi, mengidentifikasi apa yang diketahui dan ditanyakan, serta menentukan konsep matematika mana yang relevan. Tahap penyelidikan dan diskusi kelompok mendorong siswa untuk mengevaluasi (C5) berbagai strategi dan pendekatan yang mungkin dilakukan, mempertimbangkan kelebihan dan kekurangannya. Puncaknya adalah pada tahap pengembangan dan penyajian solusi, di mana siswa harus mencipta (C6) sebuah produk matematis (misalnya, model, penyelesaian, atau presentasi) yang merupakan sintesis dari seluruh proses investigasi mereka. Siklus inilah yang tidak ditemukan dalam pembelajaran konvensional yang cenderung linear dan berfokus pada pencapaian jawaban akhir yang tunggal (Dianawati et al., 2017).

Penggunaan Analisis Kovarians (ANCOVA) yang menunjukkan signifikansi pengaruh perlakuan meskipun kemampuan awal (*pretest*) telah dikontrol bukan sekadar pilihan teknik statistik yang canggih, melainkan sebuah upaya ilmiah untuk mengisolasi dan mengukur dampak murni dari intervensi pembelajaran. Dalam konteks penelitian pendidikan di setting kelas nyata, di mana randomisasi penuh seringkali tidak memungkinkan, perbedaan kemampuan awal antar kelompok dapat menjadi *confounding variable* yang serius (Dianawati et al., 2017). Jika analisis hanya membandingkan skor *posttest* atau *gain* biasa, terdapat kemungkinan bahwa hasil yang lebih baik pada kelompok eksperimen semata-mata disebabkan oleh kebetulan bahwa siswa di kelompok tersebut memang secara alami memiliki bakat atau pengetahuan awal matematika yang lebih tinggi. Dengan memasukkan skor *pretest* sebagai kovariat, ANCOVA secara statistik "menyamakan" kedua kelompok pada titik awal yang setara sebelum perlakuan diberikan. Oleh karena itu, ketika hasilnya tetap signifikan, kita dapat mengatakan dengan tingkat keyakinan yang tinggi bahwa perbedaan hasil yang diamati benar-benar bersumber dari perbedaan perlakuan—dalam hal ini, penerapan model Problem Based Learning (PBL). Ini memberikan bukti internal validitas yang jauh lebih kuat dibandingkan analisis statistik sederhana, sehingga kesimpulan tentang efektivitas PBL menjadi lebih kokoh dan sulit untuk disanggah (Djonomiarjo, 2020).

Lanjutan dari pemahaman ini membawa kita pada implikasi yang lebih mendalam tentang *sifat transformatif* dari intervensi PBL. Signifikansi ANCOVA ini mengisyaratkan bahwa PBL bukan sekadar metode yang "cocok" untuk siswa berkemampuan tinggi, melainkan sebuah pendekatan yang secara aktif dapat *mengkompensasi* atau bahkan *mengatasi* variasi kemampuan awal. Dengan kata lain, struktur PBL yang kolaboratif dan berbasis inkuiri tampaknya menciptakan sebuah *ruang belajar yang adil (equitable learning space)*, di mana siswa dengan kemampuan awal beragam dapat saling menunjang dan terlibat dalam proses konstruksi pengetahuan. Masalah autentik dalam PBL seringkali multidimensi, memungkinkan siswa dengan pemahaman konseptual yang berbeda untuk berkontribusi dari perspektif yang berbeda pula. Proses fasilitasi dan scaffolding dalam PBL juga memungkinkan guru memberikan dukungan yang lebih terpersonalisasi kepada siswa yang membutuhkan, sambil tetap menjaga tantangan kognitif yang tinggi bagi semua. Temuan ini sangat penting bagi kebijakan pendidikan inklusif, karena menunjukkan bahwa pendekatan berbasis HOTS seperti PBL tidak harus menjadi eksklusif bagi kelas-kelas unggulan, melainkan dapat diimplementasikan secara luas untuk mengangkat kemampuan seluruh siswa (Fajriyah & Agustini, 2018).

Lebih jauh, hasil ANCOVA ini membuka pintu untuk eksplorasi dan pertanyaan penelitian yang lebih kompleks dan bernuansa. Bukti kuat bahwa PBL efektif setelah dikontrol kemampuan awal memunculkan pertanyaan lanjutan: *Bagaimana mekanisme tepatnya PBL bekerja untuk siswa dengan profil kemampuan awal yang berbeda?* Apakah siswa dengan kemampuan awal rendah mendapatkan manfaat yang proporsional lebih besar dari lingkungan kolaboratif PBL, atau justru siswa dengan kemampuan awal tinggi yang lebih mampu memanfaatkan kebebasan inkuiri? Penelitian lanjutan dengan analisis interaksi atau pendekatan mixed-methods diperlukan untuk membedah dinamika ini. Selain itu, signifikansi statistik yang kuat ini juga menantang kita untuk melihat *aspek non-kognitif* yang mungkin menjadi mediator. Sangat mungkin bahwa efektivitas PBL

tidak hanya disebabkan oleh struktur tugas kognitifnya, tetapi juga oleh peningkatan motivasi intrinsik, rasa kepemilikan terhadap pembelajaran (*ownership*), dan iklim psikologis kelas yang lebih positif yang terbentuk melalui PBL. Faktor-faktor afektif ini, yang turut "diukur" secara tidak langsung oleh peningkatan skor HOTS, adalah komponen kunci yang turut dikembangkan oleh PBL dan seringkali terabaikan dalam pembelajaran konvensional. Dengan demikian, ANCOVA tidak hanya mengonfirmasi "apa" yang efektif, tetapi juga menguatkan panggilan untuk menyelidiki "mengapa" dan "bagaimana" PBL bekerja, menjadikannya landasan yang kokoh untuk pengembangan teori dan praktik pembelajaran matematika yang berpusat pada berpikir tingkat tinggi (Fariji, 2019).

Artinya, keunggulan model PBL ini bukan semata-mata disebabkan oleh perbedaan kemampuan awal siswa, melainkan benar-benar berasal dari dinamika dan esensi dari model pembelajaran itu sendiri. Interaksi sosial dalam kelompok, tantangan pemecahan masalah nyata, dan peran guru sebagai fasilitator yang memandu proses berpikir (bukan pemberi jawaban) secara kolektif membangun pemahaman konseptual yang lebih dalam dan fleksibel. Pemahaman yang mendalam inilah yang menjadi dasar bagi siswa untuk menerapkan, mengaitkan, dan mengembangkan konsep-konsep matematika dalam situasi baru yang menuntut HOTS (Farhan & Arisona, 2022).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa implementasi Problem Based Learning telah berhasil menciptakan suatu ekosistem pembelajaran yang kondusif untuk menstimulasi dan melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa. Temuan ini memberikan implikasi praktis yang penting bagi dunia pendidikan matematika, khususnya dalam upaya menjawab tantangan kurikulum yang menekankan kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa transformasi metode pengajaran dari yang bersifat transmisi informasi menuju konstruksi pengetahuan melalui masalah merupakan langkah strategis untuk meningkatkan kualitas hasil belajar matematika, khususnya dalam dimensi HOTS.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa implementasi model Problem Based Learning (PBL) terbukti efektif dalam meningkatkan Higher Order Thinking Skills (HOTS) Matematis siswa kelas XI SMA. Analisis statistik melalui uji ANCOVA dengan bantuan SPSS 25 menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan antara kelompok siswa yang dibelajarkan dengan PBL dan kelompok yang menerima pembelajaran konvensional, setelah kemampuan awal (skor pretest) dikontrol. Skor HOTS matematis kelompok eksperimen yang disesuaikan secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Hal ini diperkuat oleh perhitungan N-Gain yang menunjukkan peningkatan dengan kategori sedang pada kelompok PBL, sementara kelompok kontrol hanya mencapai peningkatan kategori rendah.

Efektivitas model PBL ini terutama disebabkan oleh keselarasan antara sintaks pembelajaran—mulai dari orientasi masalah autentik, penyelidikan mandiri, hingga penyajian solusi—dengan tuntutan pengembangan keterampilan analisis (C4), evaluasi (C5), dan kreasi (C6). Lingkungan pembelajaran yang berpusat pada siswa, menekankan kolaborasi, dan menantang siswa untuk menyelesaikan masalah tidak terstruktur, secara sistematis melatih dan mengembangkan kapasitas berpikir tingkat tinggi mereka.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, di antaranya adalah durasi implementasi model Problem Based Learning yang hanya berlangsung selama enam pertemuan, sehingga belum sepenuhnya menggambarkan efektivitas jangka panjang dari pendekatan ini dalam membentuk kebiasaan berpikir tingkat tinggi siswa secara mendalam. Selain itu, cakupan penelitian yang terbatas pada satu sekolah saja menyebabkan hasil yang diperoleh belum dapat

digeneralisasikan secara luas untuk populasi siswa SMA pada umumnya, mengingat karakteristik setiap sekolah dan siswa yang berbeda-beda.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, disarankan agar penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan durasi yang lebih panjang atau menggunakan desain longitudinal untuk mengamati perkembangan kemampuan HOTS matematis siswa dalam jangka waktu yang lebih lama. Penelitian selanjutnya juga dapat memperluas cakupan sampel dengan melibatkan lebih banyak sekolah dari berbagai wilayah agar hasilnya lebih representatif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada lembaga yang telah membantu penelitian, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

Referensi

- Adiwiguna, S., Dantes, N., & Gunamantha, M. (2019). Pengaruh model problem based learning (PBL) berorientasi stem terhadap kemampuan berpikir kritis dan literasi sains siswa Kelas V SD di Gugus I Gusti Ketut Pudja. *Pendasi: Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 3(2), 94-103.
- Afandi, M., & Handayani, T. (2020). Penerapan Problem Based Learning (PBL) untuk meningkatkan Higher Order Thinking Skills (HOTS) ditinjau dari hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah materi IPA MI. *JIP (Jurnal Ilmiah PGMI)*, 6(1), 88-106.
- Agnafia, D. N. (2019). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran biologi. *Florea: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 6(1), 45-53.
- Agung, A. A. G. (2016). *Statistika dasar untuk pendidikan*. Deepublish.
- Andriani, R., & Rasto, R. (2019). Motivasi belajar sebagai determinan hasil belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran (JPManper)*, 4(1), 80-86.
- Ariyani, B., & Kristin, F. (2021). Model pembelajaran Problem Based Learning untuk meningkatkan hasil belajar IPS siswa SD. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 5(3), 353-361.
- Ashari, N. W., & Salwah, S. (2017). Problem based learning (PBL) dalam meningkatkan kecakapan pembuktian matematis mahasiswa calon guru. *JMPM: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 2(2), 100-109.
- Bron, J. F., & Prudente, M. S. (2024). Examining the effect of problem-based learning approach on learners' mathematical creativity: A meta-analysis. *International Journal of Research in Education and Science*, 10(3), 653-668.
- Candiasa, I. M. (2020). *Statistik multivariat*. Undiksha Press.
- Dermawan, D. D., Wardani, S., & Kurniawati, Y. K. S. P. (2021). Pengembangan instrumen assesmen HOTS pada pembelajaran IPA kelas V Sekolah Dasar. *JIKAP PGSD: Jurnal Ilmiah Ilmu Kependidikan*, 5(3), 387-394.
- Dianawati, N. L. P., Riastini, P. N., & Pudjawan, K. (2017). Pengaruh model pembelajaran Problem Based Learning terhadap keterampilan berpikir kritis IPA siswa kelas V. *Mimbar PGSD Undiksha*, 5(2).

- Djonomiarjo, T. (2020). Pengaruh model problem based learning terhadap hasil belajar. *Aksara: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*, 5(1), 39-46.
- Fajriyah, K., & Agustini, F. (2018). Analisis keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa SD pilot project kurikulum 2013 Kota Semarang. **Elementary School: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Ke-SD-An*, 5*(1).
- Farhan, M., & Arisona, R. D. (2022). Problem Based Learning (PBL) berorientasi Higher Order Thinking Skills (HOTS) untuk meningkatkan hasil belajar IPS. *PAKIS (Publikasi Berkala Pendidikan Ilmu Sosial)*, 2(2).
- Fariji, I. (2019). Pengaruh model pembelajaran Problem-Based Learning (PBL) dan Probing-Prompting (PP) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa ditinjau dari kepercayaan diri (self-confidence). *Integral: Pendidikan Matematika*, 10(1), 1-15.
- Farisi, A., Hamid, A., & Melvina, M. (2017). Pengaruh model pembelajaran problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada konsep suhu dan kalor. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 2(3), 283-287.
- Fathani, A. H. (2016). Pengembangan literasi matematika sekolah dalam perspektif multiple intelligences. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika*, 4(2).