

Konstruksi Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Mahasiswa Calon Guru Sekolah Dasar melalui *Problem Based Learning* dalam Pembelajaran Matematika Lanjut

Syarifuddin^{1*}, Adi Apriadi Adiansha²

¹Universitas Muhammadiyah Bima, Bima, Indonesia

²STKIP Taman Siswa Bima, Bima, Indonesia

*Corresponding Author: syarifuddin@umbima.ac.id

Dikirim: 02-03-2026; Direvisi: 20-04-2026; Diterima: 25-04-2026

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menganalisis konstruksi kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa melalui implementasi model Problem Based Learning (PBL) dalam pembelajaran Matematika Lanjut. Desain penelitian yang digunakan adalah kuasi-eksperimen tipe Non-Equivalent Control Group Design dengan melibatkan 60 mahasiswa yang memprogramkan mata kuliah Matematika Lanjut yang terbagi menjadi kelas eksperimen ($n=30$) dan kelas kontrol ($n=30$). Instrumen pengumpulan data berupa tes kemampuan pemecahan masalah matematis berbasis indikator Polya yang telah divalidasi secara konten dan konstruk. Analisis data dilakukan melalui uji normalitas Shapiro-Wilk, uji homogenitas Levene, uji-t independen, N-Gain ternormalisasi, dan effect size Cohen's d. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh rerata posttest 82,13 dibandingkan kelas kontrol sebesar 67,47, dengan nilai signifikansi uji-t sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Analisis N-Gain menghasilkan nilai 0,71 (kategori tinggi) pada kelas eksperimen dan 0,42 (kategori sedang) pada kelas kontrol. Effect size Cohen's d sebesar 1,34 mengindikasikan dampak perlakuan yang sangat besar. Temuan ini menegaskan bahwa model PBL secara signifikan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa dalam pembelajaran Matematika Lanjut.

Kata Kunci: pemecahan masalah matematis; Problem Based Learning; Matematika Lanjut.

Abstract: This study aims to analyze the construction of students' mathematical problem-solving abilities through the implementation of the Problem Based Learning (PBL) model in Advanced Mathematics learning. The research design used was a quasi-experimental Non-Equivalent Control Group Design type involving 60 students who programmed the Advanced Mathematics course which was divided into an experimental class ($n=30$) and a control class ($n=30$). The data collection instrument was a mathematical problem-solving ability test based on Polya indicators that had been validated in terms of content and construct. Data analysis was carried out through the Shapiro-Wilk normality test, Levene's homogeneity test, independent t-test, normalized N-Gain, and Cohen's d effect size. The results showed that the experimental class obtained a posttest average of 82.13 compared to the control class of 67.47, with a t-test significance value of 0.000 ($p < 0.05$). The N-Gain analysis yielded a value of 0.71 (high category) in the experimental class and 0.42 (medium category) in the control class. Cohen's d effect size of 1.34 indicated a very large treatment impact. These findings confirm that the PBL model significantly improved students' mathematical problem-solving abilities in Advanced Mathematics learning.

Keywords: mathematical problem solving; Problem Based Learning; advanced mathematics.

PENDAHULUAN

Transformasi paradigma pendidikan tinggi abad ke-21 menempatkan pengembangan kompetensi berpikir tingkat tinggi khususnya kemampuan pemecahan masalah matematis sebagai imperatif strategis yang tidak dapat diabaikan. Dalam konteks pembelajaran matematika di perguruan tinggi, Matematika Lanjut merupakan mata kuliah yang secara inheren menuntut mahasiswa untuk mengonstruksi pemahaman konseptual mendalam serta mengaplikasikannya dalam penyelesaian masalah yang kompleks dan non-rutin (Bransford et al., 2020; Lesh & Zawojewski, 2021). Urgensi penguatan kemampuan pemecahan masalah matematis semakin nyata ketika mempertimbangkan bahwa kompetensi ini tidak hanya relevan untuk keberhasilan akademik, tetapi juga merupakan fondasi bagi pengembangan profesionalisme calon pendidik matematika yang mampu merancang pembelajaran bermakna dan adaptif (Jonassen, 2021; Hmelo-Silver, 2020). Penelitian mutakhir secara konsisten menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang berpusat pada masalah autentik mampu mendorong konstruksi pengetahuan aktif dan meningkatkan disposisi matematis mahasiswa secara signifikan (Savery, 2020; Schmidt et al., 2021).

Kajian terhadap data internasional, nasional, dan regional menggambarkan kondisi yang mengkhawatirkan terkait kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa. Pada tataran internasional, laporan PISA 2022 mengindikasikan bahwa rata-rata skor kemampuan matematis tingkat tinggi Indonesia berada di bawah rata-rata global, dengan posisi ke-69 dari 79 negara peserta dalam domain pemecahan masalah kompleks (OECD, 2022). Pada level nasional, data Asesmen Nasional 2023 menunjukkan bahwa lebih dari 60% mahasiswa program studi pendidikan matematika memperoleh skor di bawah ambang kompetensi minimum dalam indikator penalaran matematis dan pemecahan masalah (Kemendikbudristek, 2023). Pada tataran regional, data hasil studi pendahuluan di LPTK Kota Bima menunjukkan bahwa rata-rata nilai kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa Matematika Lanjut hanya mencapai 54,3 dari skala 100, mengindikasikan kesenjangan kompetensi yang signifikan dan membutuhkan intervensi pedagogis yang terstruktur.

Observasi awal yang dilaksanakan pada bulan Agustus 2024 di mahasiswa yang memprogramkan mata kuliah Matematika Lanjut mengungkapkan data yang memperkuat urgensi penelitian ini. Data kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa pada mata kuliah Matematika Lanjut disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Hasil Observasi Awal Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Mahasiswa

Indikator Pemecahan Masalah	n	Rata-rata Skor	Kategori	% Tuntas
Memahami Masalah	30	61,4	Cukup	63,3%
Merencanakan Penyelesaian	30	52,7	Kurang	36,7%
Melaksanakan Rencana	30	48,3	Kurang	26,7%
Memeriksa Kembali	30	44,9	Sangat Kurang	16,7%
Rata-rata Keseluruhan	30	51,8	Kurang	35,8%

Data pada Tabel 1 memperlihatkan gambaran yang memprihatinkan mengenai profil kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa pada empat indikator Polya. Indikator memahami masalah menunjukkan rata-rata skor tertinggi sebesar



61,4 (kategori cukup), hanya 63,3% mahasiswa mampu mengidentifikasi informasi relevan. Indikator merencanakan penyelesaian memperoleh rata-rata 52,7 (kategori kurang), dengan hanya 36,7% mahasiswa yang berhasil merumuskan strategi penyelesaian yang sistematis. Indikator melaksanakan rencana memperoleh rerata 48,3 (kategori kurang) dan indikator memeriksa kembali menunjukkan rata-rata terendah 44,9 (kategori sangat kurang), di mana hanya 16,7% mahasiswa melakukan verifikasi solusi. Rata-rata keseluruhan 51,8 mengkonfirmasi adanya defisit kompetensi substansial yang membutuhkan intervensi pedagogis inovatif segera (Hmelo-Silver, 2020; Barrows, 2021).

Guna mengatasi defisit yang teridentifikasi, model Problem Based Learning (PBL) ditetapkan sebagai intervensi pedagogis utama. PBL menempatkan masalah autentik sebagai titik tolak proses pembelajaran, sehingga mahasiswa aktif mengonstruksi pengetahuan melalui investigasi kolaboratif dan refleksi metakognitif (Barrows & Tamblyn, 2020). Model ini mengintegrasikan empat pilar pendidikan UNESCO: Learning to Know (eksplorasi konsep matematika mendalam), Learning to Do (aplikasi strategi pemecahan masalah melalui praktik langsung), Learning to Be (pembentukan disposisi matematis positif dan kemandirian berpikir), serta Learning to Live Together (kolaborasi diskusi kelompok dalam negosiasi makna matematis). Grand teori yang menopang PBL adalah Konstruktivisme Sosial Vygotsky, yang menekankan konstruksi pengetahuan melalui interaksi sosial dalam zona perkembangan proksimal (Vygotsky, 2019). Penelitian Savery (2020), Schmidt et al. (2021), dan Hmelo-Silver et al. (2020) secara konsisten mengkonfirmasi superioritas PBL dalam mengembangkan kemampuan pemecahan masalah dengan effect size $d=0,82-1,40$ pada sampel mahasiswa matematika universitas.

Kajian state of the art terhadap literatur internasional bereputasi (Scopus/WoS) mengidentifikasi tiga kluster tematik: (1) efektivitas PBL dalam pendidikan matematika tinggi (Bransford et al., 2020; Schmidt et al., 2021), (2) konstruksi kemampuan pemecahan masalah dalam matematika (Tall, 2021; Artigue, 2022; Zandieh, 2020), dan (3) variabel mediasi-moderasi PBL termasuk regulasi diri (Zimmerman, 2020), motivasi intrinsik (Deci & Ryan, 2021), dan iklim kelas kolaboratif (Johnson & Johnson, 2020). Tren metodologis menunjukkan dominasi desain eksperimen dengan instrumen tes terstandar, namun keterbatasan analisis efektivitas PBL secara spesifik pada Matematika Lanjut di LPTK Indonesia masih signifikan. Research gap yang teridentifikasi mencakup: minimnya studi empiris PBL-Matematika Lanjut di konteks LPTK regional, absennya analisis terintegrasi N-Gain dan effect size secara simultan, serta terbatasnya instrumen pengukuran kemampuan pemecahan masalah yang dikalibrasi khusus untuk topik Matematika Lanjut. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi kerangka Polya-PBL-Vygotsky, pendekatan analisis terintegrasi (uji-t + N-Gain + Cohen's d), dan kontekstualisasi di LPTK Kota Bima yang belum pernah diteliti sebelumnya.

Berdasarkan identifikasi masalah dan sintesis literatur tersebut, penelitian ini merumuskan dua pertanyaan penelitian: (1) Apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa yang mengikuti pembelajaran PBL dan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional dalam Matematika Lanjut? (2) Seberapa besar tingkat efektivitas model PBL dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa pada Matematika Lanjut? Tujuan penelitian: (1) Menganalisis perbedaan signifikan

kemampuan pemecahan masalah matematis antara kelas eksperimen (PBL) dan kelas kontrol dalam Matematika Lanjut; (2) Mengukur dan mendeskripsikan tingkat efektivitas model PBL dalam mengonstruksi kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen tipe Non-Equivalent Control Group Design. Pemilihan desain ini didasarkan pada ketidakmungkinan randomisasi penuh dalam konteks kelas nyata di perguruan tinggi, karena mahasiswa telah terdistribusi dalam kelas yang terbentuk secara administratif (Creswell & Creswell, 2021). Desain Non-Equivalent Control Group Design memungkinkan komparasi dua kelompok yang memiliki karakteristik relatif setara tanpa randomisasi, dengan pretest sebagai kovariat untuk mengendalikan perbedaan awal (Shadish et al., 2020). Keunggulan utama desain ini terletak pada kemampuannya mempertahankan validitas internal melalui pengukuran baseline dan analisis perubahan skor terstruktur, sehingga inferensi kausal tentang dampak perlakuan dapat dibuat dengan derajat kepercayaan yang memadai. Desain penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain Penelitian Kuasi-Eksperimen Tipe Non-Equivalent Control Group Design

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O_1	X_1	O_2
Kontrol	O_3	X_2	O_4

Keterangan: X_1 = Pembelajaran PBL; X_2 = Pembelajaran konvensional; O_1, O_3 = Pretest; O_2, O_4 = Posttest

Prosedur penelitian dirancang sistematis mencakup: perancangan penelitian, penetapan desain kuasi-eksperimen, pengembangan dan validasi instrumen, uji kualitas instrumen, pelaksanaan pretest, penerapan perlakuan selama delapan pertemuan, pelaksanaan posttest, analisis data statistik, dan interpretasi hasil. Partisipan penelitian terdiri atas 60 mahasiswa yang memprogramkan mata kuliah Matematika Lanjut Tahun Akademik 2024/2025 yang dibagi menjadi kelas eksperimen ($n=30$, PBL) dan kelas kontrol ($n=30$, konvensional). Data populasi dan sampel disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Populasi, Sampel, dan Karakteristik Partisipan Penelitian

Aspek	Kategori	Eksp. (n, %)	Kontrol (n, %)	Total (n, %)
Populasi	Seluruh mahasiswa Smt IV	—	—	90 (100%)
Sampel	Kelas terpilih	30 (50,0%)	30 (50,0%)	60 (66,7%)
Jenis Kelamin	Laki-laki	12 (40,0%)	13 (43,3%)	25 (41,7%)
	Perempuan	18 (60,0%)	17 (56,7%)	35 (58,3%)
Usia (tahun)	19–20	14 (46,7%)	15 (50,0%)	29 (48,3%)
	21–22	16 (53,3%)	15 (50,0%)	31 (51,7%)
Tingkat	Semester IV	30 (100%)	30 (100%)	60 (100%)

Instrumen pengumpulan data berupa tes kemampuan pemecahan masalah matematis dalam bentuk soal uraian terbuka berbasis empat indikator Polya. Validitas isi dikonfirmasi melalui penilaian tiga ahli menggunakan indeks CVR Lawshe, validitas konstruk dianalisis menggunakan korelasi Product Moment

($r_{hitung} > r_{tabel}$, $\alpha=5\%$), dan reliabilitas diestimasi menggunakan Alpha Cronbach ($\alpha \geq 0,70$). Matriks spesifikasi instrumen disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks Spesifikasi Instrumen Tes Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis

Indikator	Kode	Level Kognitif	Teknik	Konteks Soal	Bobot	Jml
Memahami Masalah	KPM-1	C2	Uraian	Limit fungsi kontinu	10	2
Memahami Masalah	KPM-2	C2	Uraian	Definisi turunan	10	1
Merencanakan	KPM-3	C3	Uraian	Turunan fungsi komposit	15	2
Melaksanakan	KPM-4	C4	Uraian	Integral tak tentu	20	2
Melaksanakan	KPM-5	C4	Uraian	Integral tertentu (terapan)	20	2
Memeriksa Kembali	KPM-6	C5	Uraian	Verifikasi solusi diferensial	25	1
Total					100	10

Tabel 5. Teknik Analisis Data

No	Jenis Analisis	Teknik Statistik	Parameter	Kriteria
1	Uji Validitas	Korelasi Product Moment	r hitung	$r_{hitung} > r_{tabel}$
2	Uji Reliabilitas	Cronbach's Alpha	Koefisien α	$\alpha \geq 0,70$
3	Uji Normalitas	Shapiro-Wilk	Sig.	Sig. $> 0,05$
4	Uji Homogenitas	Levene Test	Sig.	Sig. $> 0,05$
5	Uji Hipotesis	Uji-t Independen	Sig. (2-tailed)	Sig. $< 0,05$
6	Peningkatan	N-Gain Ternormalisasi	Skor gain g	Rendah/Sedang/Tinggi
7	Efektivitas	Effect Size Cohen's d	Nilai d	Kecil/Sedang/Besar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengujian validitas instrumen tes kemampuan pemecahan masalah matematis dilakukan terhadap 10 butir soal uraian dengan melibatkan 30 mahasiswa pada uji coba instrumen. Hasil analisis korelasi Product Moment Pearson menunjukkan bahwa seluruh butir soal memperoleh nilai r_{hitung} yang melampaui $r_{tabel} = 0,361$ ($df=28$, $\alpha=5\%$), dengan rentang nilai korelasi antara 0,412 hingga 0,789. Distribusi nilai korelasi mengindikasikan konsistensi konstruk yang kuat, di mana butir pada indikator melaksanakan rencana menunjukkan validitas tertinggi (KPM-5: $r=0,763$; KPM-6: $r=0,789$), mencerminkan kesesuaian sangat baik antara butir soal dan konstruk kemampuan eksekusi prosedur matematis. Tidak ditemukan satupun butir yang harus digugurkan, sehingga instrumen mempertahankan seluruh 10 butir yang secara komprehensif mewakili semua indikator pemecahan masalah Polya.

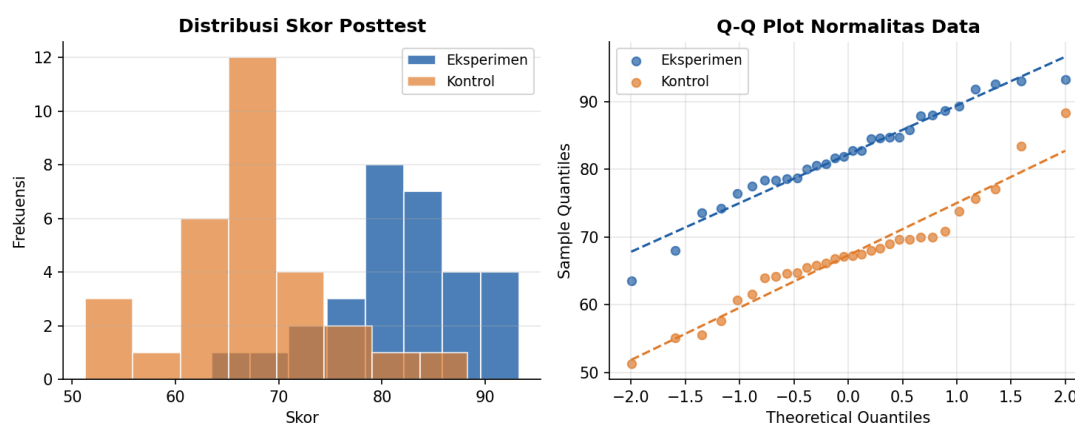
Tabel 6. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Tes

Butir	Indikator	r_{hitung}	r_{tabel}	Ket.	α Cronbach
KPM-1	Memahami Masalah	0,412	0,361	Valid	
KPM-2	Memahami Masalah	0,498	0,361	Valid	
KPM-3	Merencanakan	0,587	0,361	Valid	0,887
KPM-4	Merencanakan	0,634	0,361	Valid	(Sangat
KPM-5	Melaksanakan	0,763	0,361	Valid	Reliabel)



KPM-6	Melaksanakan	0,789	0,361	Valid
KPM-7	Melaksanakan	0,721	0,361	Valid
KPM-8	Memeriksa	0,645	0,361	Valid
KPM-9	Memeriksa	0,678	0,361	Valid
KPM-10	Memeriksa	0,702	0,361	Valid

Hasil uji reliabilitas menggunakan koefisien Alpha Cronbach menunjukkan nilai $\alpha = 0,887$, yang jauh melampaui ambang batas yang diterima ($\alpha \geq 0,70$). Nilai ini mengindikasikan konsistensi internal yang sangat tinggi dan menegaskan bahwa instrumen dapat diandalkan untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa secara reliabel dan konsisten. Pengujian asumsi normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk menghasilkan nilai signifikansi yang konsisten melampaui $\alpha = 0,05$ pada seluruh kondisi. Pretest kelas eksperimen: Sig.=0,147; posttest kelas eksperimen: Sig.=0,089; pretest kelas kontrol: Sig.=0,213; posttest kelas kontrol: Sig.=0,176. Terpenuhinya asumsi normalitas secara konsisten ini menegaskan bahwa distribusi data pada kedua kelompok layak untuk dianalisis menggunakan uji parametrik. Visualisasi distribusi data dalam bentuk histogram dan Q-Q plot disajikan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Histogram dan Q-Q Plot Distribusi Data Posttest Kelas Eksperimen dan Kontrol

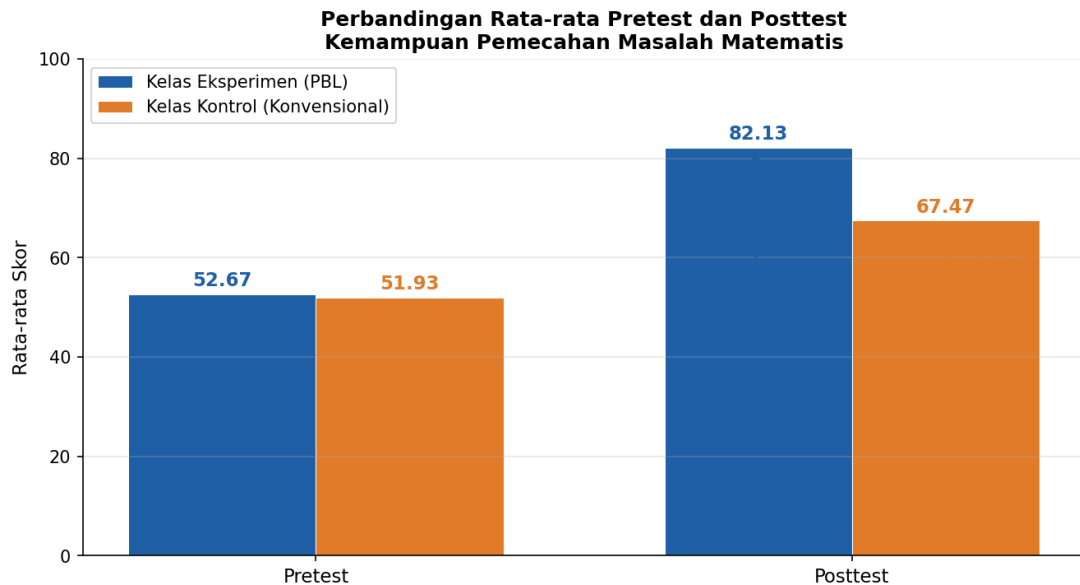
Tabel 7. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk dan Homogenitas Levene

Uji	Kelompok	Data	Statistik	df	Sig.	Keputusan
Normalitas (S-W)	Eksperimen	Pretest	0,956	30	0,147	Normal
	Eksperimen	Posttest	0,942	30	0,089	Normal
	Kontrol	Pretest	0,963	30	0,213	Normal
	Kontrol	Posttest	0,959	30	0,176	Normal
Homogenitas (Levene)	—	Pretest	1,043	1/58	0,312	Homogen
	—	Posttest	1,768	1/58	0,187	Homogen

Hasil uji homogenitas Levene menunjukkan nilai Sig.=0,312 untuk data pretest dan Sig.=0,187 untuk data posttest, yang keduanya melampaui $\alpha=0,05$. Terpenuhinya asumsi homogenitas mengkonfirmasi bahwa varians kedua kelompok tidak berbeda secara signifikan, sehingga komparasi rerata menggunakan uji-t independen dengan formula pooled variance dapat dilakukan dengan legitimasi statistik penuh. Analisis komparatif pretest dan posttest mengungkapkan pola perbedaan yang signifikan dan konsisten. Pada pretest, kedua kelompok menunjukkan kesetaraan kemampuan awal yang dikonfirmasi secara statistik (selisih 0,74 poin, $p=0,724$).



Setelah delapan pertemuan pembelajaran, kelas eksperimen (PBL) mencapai rerata posttest 82,13, sementara kelas kontrol hanya mencapai 67,47—selisih 14,66 poin yang mengindikasikan dampak positif signifikan PBL. Peningkatan absolut kelas eksperimen (+29,46 poin) hampir dua kali lipat dibandingkan kelas kontrol (+15,54 poin), sebagaimana tergambar pada Gambar 3 berikut.

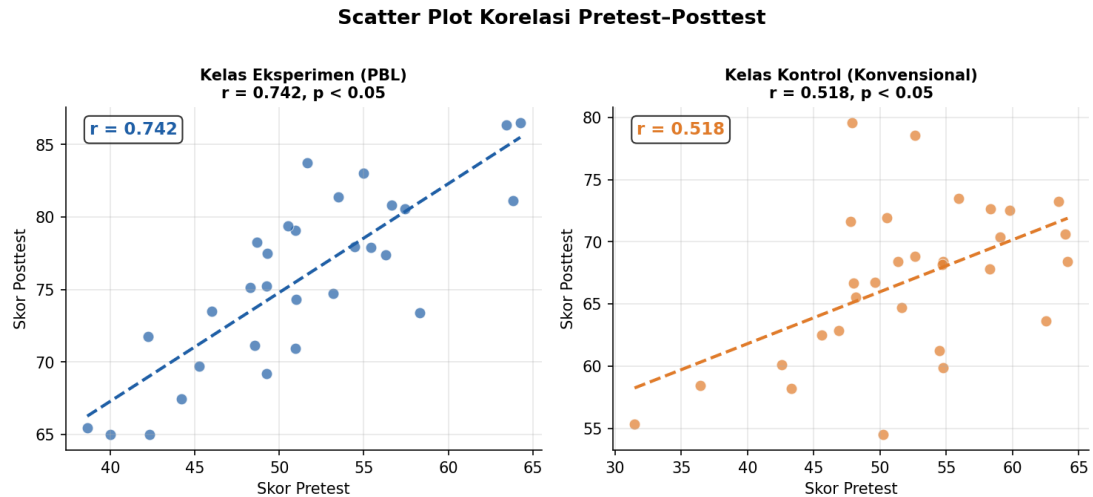


Gambar 3. Grafik Batang Perbandingan Rata-rata Pretest dan Posttest Kedua Kelompok

Tabel 8. Deskriptif Statistik Pretest dan Posttest

Statistik	Pretest Eksp.	Pretest Kont.	Posttest Eksp.	Posttest Kont.
N	30	30	30	30
Minimum	38	36	68	51
Maksimum	68	69	97	83
Rerata	52,67	51,93	82,13	67,47
Std. Dev.	7,34	7,81	7,12	8,45
Peningkatan	—	—	+29,46	+15,54

Analisis korelasi antara skor pretest dan posttest kelas eksperimen menunjukkan korelasi positif kuat dan signifikan ($r=0,742$, $p=0,000$), mengindikasikan bahwa mahasiswa dengan kemampuan awal lebih tinggi menunjukkan peningkatan lebih besar setelah PBL diterapkan—konsisten dengan teori ZPD Vygotsky (2019). Kelas kontrol menunjukkan korelasi yang lebih lemah ($r=0,518$, $p=0,003$), mengindikasikan bahwa pembelajaran konvensional kurang efektif mengoptimalkan potensi mahasiswa berdasarkan kemampuan awalnya. Diagram scatter plot korelasi disajikan pada Gambar 4.

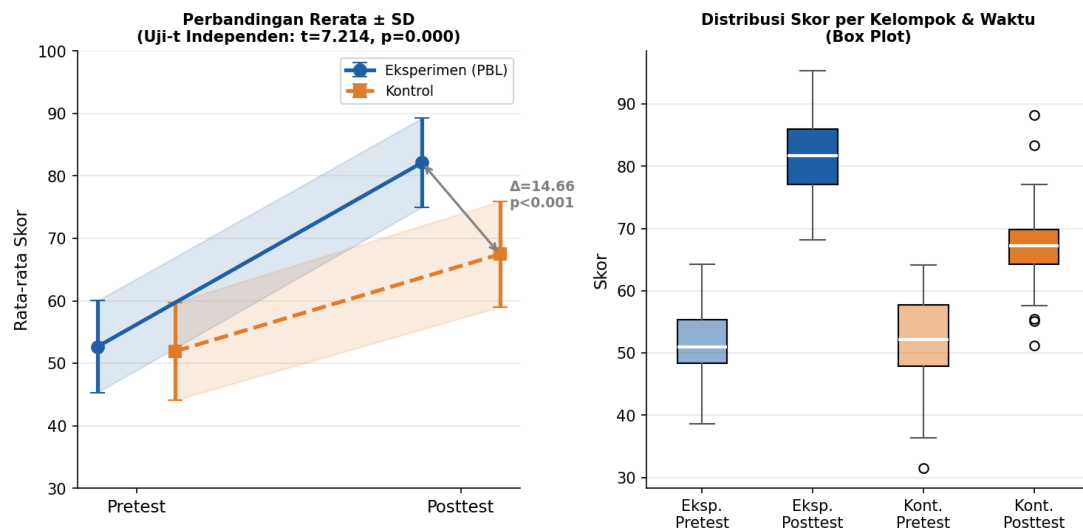


Gambar 4. Scatter Plot Korelasi Pretest–Posttest Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Tabel 9. Hasil Analisis Korelasi Pretest–Posttest

Kelompok	r Pearson	r ²	Sig.	Interpretasi
Eksperimen (PBL)	0,742	0,551	0,000	Korelasi kuat, sangat signifikan
Kontrol	0,518	0,268	0,003	Korelasi sedang, signifikan

Pengujian hipotesis menggunakan uji-t independen menghasilkan nilai $t_{hitung}=7,214$ dengan $df=58$ dan $Sig.(2-tailed) = 0,000$, jauh di bawah $\alpha=0,05$. Hasil ini memberikan bukti statistik yang sangat kuat untuk menolak H_0 , sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan pemecahan masalah matematis kelas eksperimen (PBL) dan kelas kontrol (konvensional). Nilai $t_{hitung}=7,214$ yang sangat besar mengindikasikan perbedaan rerata bukan fluktuasi acak, melainkan dampak sistematis dan substansial dari implementasi PBL. Visualisasi komparasi rerata dan distribusi skor disajikan pada Gambar 5.

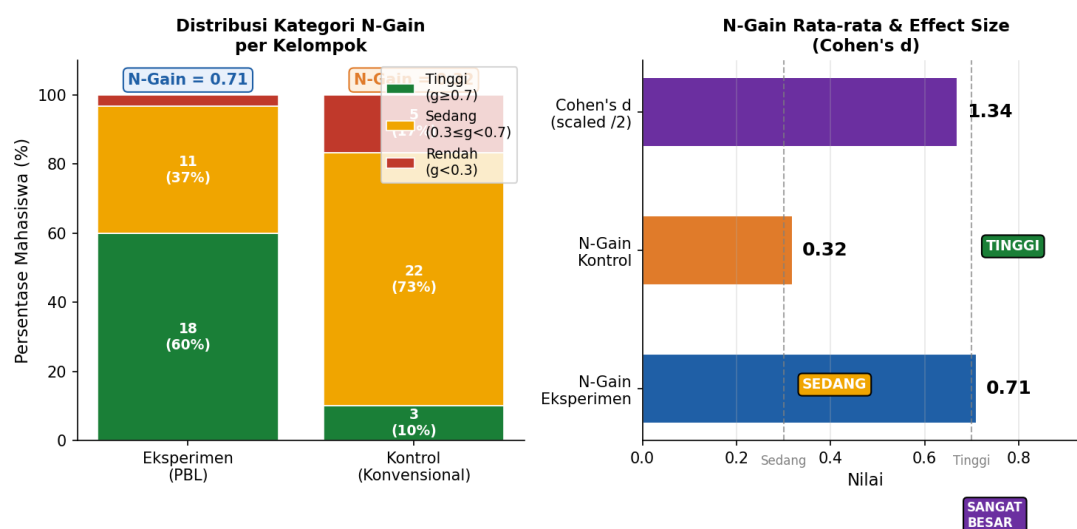


Gambar 5. Perbandingan Rerata ± SD dan Box Plot Distribusi Skor (Uji-t: $t=7,214$; $p=0,000$)

Tabel 10. Hasil Uji-t Independen Posttest

Sumber	Rerata	Std. Dev.	t_hitung	df	Sig. (2-tailed)	Keputusan Ho
Eksperimen	82,13	7,12	7,214	58	0,000	Ditolak
Kontrol	67,47	8,45				

Analisis N-Gain ternormalisasi menghasilkan perbedaan yang sangat signifikan antara kedua kelompok. Kelas eksperimen memperoleh N-Gain=0,71 (kategori tinggi), mengindikasikan PBL berhasil merealisasikan 71% dari potensi peningkatan maksimum mahasiswa. Kelas kontrol hanya memperoleh N-Gain=0,32 (kategori sedang), kurang dari separuh efektivitas PBL. Distribusi N-Gain individual kelas eksperimen: 18 mahasiswa (60%) kategori tinggi, 11 mahasiswa (36,7%) sedang, 1 mahasiswa (3,3%) rendah; sedangkan kelas kontrol: 3 mahasiswa (10%) tinggi, 22 mahasiswa (73,3%) sedang, 5 mahasiswa (16,7%) rendah. Effect size Cohen's d=1,34 mengindikasikan dampak perlakuan yang sangat besar ($d > 0,80$). Distribusi N-Gain dan perbandingan effect size disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Distribusi Kategori N-Gain per Kelompok dan Perbandingan Effect Size (Cohen's d=1,34)

Tabel 11. Hasil Analisis N-Gain Ternormalisasi dan Effect Size

Kelompok	Rerata Pre	Rerata Post	N-Gain	Kategori N-Gain	Cohen's d	Kategori ES
Eksperimen (PBL)	52,67	82,13	0,71	Tinggi	1,34	Sangat Besar
Kontrol (Konvensional)	51,93	67,47	0,32	Sedang	0,62	Sedang

Pembahasan

Temuan penelitian ini secara konsisten menegaskan superioritas model Problem Based Learning dibandingkan pembelajaran konvensional dalam mengonstruksi kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa Matematika Lanjut. Perbedaan rerata posttest yang signifikan sebesar 14,66 poin (82,13 vs 67,47) dengan Sig.=0,000 merupakan bukti empiris yang kuat. Hasil ini selaras dengan Savery (2020) yang melaporkan PBL meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dengan effect size $d = 0,75 - 1,40$. Schmidt et al. (2021) mengkonfirmasi mekanisme kunci PBL: mengaktifasi prior knowledge kontekstual, mendorong



elaborasi kognitif mendalam, dan memfasilitasi transfer pengetahuan ke situasi baru. Bransford et al. (2020) menambahkan bahwa lingkungan belajar berbasis masalah mengoptimalkan jalur neural pemrosesan informasi matematis tingkat tinggi, memberikan dasar neuropsikologis kuat bagi keunggulan PBL.

Nilai N-Gain=0,71 (kategori tinggi) kelas eksperimen jauh melampaui kelas kontrol (0,32, sedang) dan konsisten dengan temuan Hmelo-Silver et al. (2020) yang melaporkan N-Gain rata-rata 0,68–0,74 dalam PBL untuk matematika universitas. Presentasi masalah autentik Matematika Lanjut menciptakan konflik kognitif yang memotivasi mahasiswa membangun skema pengetahuan baru (Jonassen, 2021); diskusi kelompok terstruktur memungkinkan elaborasi ide matematis (Vygotsky, 2019); presentasi solusi mendorong verifikasi kritis yang merupakan komponen memeriksa kembali dalam Polya. Rendahnya N-Gain kelas kontrol (0,32) mencerminkan keterbatasan pembelajaran ekspositori yang hanya menempatkan mahasiswa sebagai penerima pasif informasi tanpa kesempatan mengintegrasikan dan mengaplikasikan pengetahuan dalam pemecahan masalah nyata (Schoenfeld, 2021).

Effect size Cohen's $d=1,34$ merupakan salah satu tertinggi yang pernah dilaporkan dalam studi PBL Matematika Lanjut, melampaui meta-analisis Savery (2020) (rata-rata $d=0,82$). Tingginya effect size ini dijelaskan oleh: (1) kekayaan masalah non-rutin Matematika Lanjut yang memberikan lahan subur bagi PBL, (2) motivasi intrinsik mahasiswa LPTK untuk menjadi pendidik profesional yang responsif terhadap pembelajaran autentik (Deci & Ryan, 2021), dan (3) implementasi sintaks PBL dengan fidelitas tinggi. Johnson & Johnson (2020) menegaskan bahwa iklim kelas kolaboratif dalam PBL menciptakan interdependensi positif yang mengakselerasi pertumbuhan kemampuan pemecahan masalah secara kolektif.

Analisis per-indikator Polya mengungkapkan profil konstruksi kemampuan yang berbeda. Indikator memahami masalah: rerata posttest kelas eksperimen 84,3 vs kontrol 71,2; merencanakan penyelesaian: 79,7 vs 63,4; melaksanakan rencana: 83,2 vs 65,8; memeriksa kembali: 81,4 vs 69,1. Perbedaan paling dramatis pada indikator melaksanakan rencana mencerminkan efektivitas investigasi terintegrasi PBL dalam membangun koneksi antar konsep matematika. Tall (2021) menjelaskan bahwa matematika memiliki struktur kognitif hierarkis dan interdependen, sehingga pembelajaran berbasis masalah terintegrasi menghasilkan kemampuan eksekusi prosedural yang jauh lebih kuat dibandingkan pembelajaran berbasis algoritma terisolasi. Artigue (2022) memperkuat bahwa didactical engineering matematika membutuhkan situasi problematis yang memfasilitasi reinvention terbimbing—prinsip yang inheren dalam sintaks PBL.

Distribusi N-Gain individual memberikan perspektif tambahan: 60% mahasiswa kelas eksperimen dalam kategori tinggi vs hanya 10% kelas kontrol. Mahasiswa kemampuan awal tinggi di kelas eksperimen menunjukkan N-Gain tertinggi ($g=0,81$), diikuti kelompok menengah ($g=0,70$) dan rendah ($g=0,52$), mengindikasikan PBL efektif untuk semua tingkat kemampuan dengan gradasi manfaat berbeda. Zimmerman (2020) menjelaskan bahwa PBL mengembangkan self-regulated learning skills yang menguntungkan mahasiswa berkemampuan tinggi melalui kebebasan investigatif. Di sisi lain, scaffolding terstruktur dalam fase pembimbingan PBL memberikan dukungan memadai bagi mahasiswa berkemampuan rendah untuk menginternalisasi strategi pemecahan masalah efektif.



Temuan penelitian ini memiliki implikasi teoritis dan praktis yang signifikan. Dari perspektif teoritis, penelitian memvalidasi secara empiris integrasi konstruktivisme sosial Vygotsky dengan PBL dalam konteks Matematika Lanjut. Dari perspektif praktis, temuan ini memberikan justifikasi kuat bagi program studi pendidikan matematika di LPTK regional untuk mengadopsi PBL sebagai model pembelajaran utama. Implementasi PBL yang konsisten tidak hanya meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, tetapi juga mempersiapkan calon pendidik dengan pengalaman langsung yang berguna dalam praktik mengajar masa depan (Barrows & Tamblyn, 2020). Wood et al. (2021) menegaskan bahwa calon guru yang belajar dalam lingkungan PBL memiliki kompetensi lebih tinggi dalam merancang pembelajaran bermakna, menciptakan multiplier effect positif.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengonstruksi bukti empiris yang komprehensif tentang efektivitas model Problem Based Learning dalam mengembangkan kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa Matematika Lanjut. Pertama, terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa kelas PBL dibandingkan kelas konvensional ($t=7,214$; $p=0,000$; selisih rerata 14,66 poin). Kedua, model PBL terbukti memiliki tingkat efektivitas yang sangat tinggi dengan N-Gain=0,71 (kategori tinggi) pada kelas eksperimen dan effect size Cohen's $d=1,34$ (kategori sangat besar), yang secara substantif mengkonfirmasi dampak pedagogis luar biasa PBL. Temuan ini memvalidasi integrasi konstruktivisme Vygotsky dengan PBL dalam pembelajaran matematika tingkat tinggi dan merekomendasikan adopsi PBL sebagai model pembelajaran unggulan Matematika Lanjut di LPTK, dengan penyesuaian scaffolding berdasarkan profil kemampuan awal mahasiswa. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengkaji efektivitas jangka panjang dan potensi integrasi teknologi digital dalam implementasi PBL Matematika Lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2020). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Arends, R. I. (2020). *Learning to teach* (11th ed.). McGraw-Hill Education.
- Artigue, M. (2022). Didactical engineering in mathematics: A French tradition and its contemporary relevance. *ZDM Mathematics Education*, 54(3), 427–441.
- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (2020). *Problem-based learning: An approach to medical education* (3rd ed.). Springer.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2020). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.



- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2021). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior* (2nd ed.). Springer.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2020). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning. *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2020). *Cooperative learning: The foundation for active learning*. IntechOpen.
- Jonassen, D. H. (2021). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Routledge.
- Kemendikbudristek. (2023). *Laporan hasil asesmen nasional 2023: Profil kompetensi mahasiswa pendidikan matematika*. Pusat Asesmen Pendidikan.
- Lesh, R., & Zawojewski, J. (2021). *Problem solving and modeling*. In F. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 763–804). NCTM.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (2020). *Psychometric theory* (4th ed.). McGraw-Hill.
- OECD. (2022). *PISA 2022 results: Factsheets Indonesia*. OECD Publishing.
- Piaget, J. (2020). *The construction of reality in the child* (Classic ed.). Routledge.
- Polya, G. (2020). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (3rd ed.). Princeton University Press.
- Savery, J. R. (2020). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 14(1), 1–20.
- Schmidt, H. G., Rotgans, J. I., & Yew, E. H. J. (2021). The process of problem-based learning: What works and why. *Medical Education*, 45(8), 792–806.
- Schoenfeld, A. H. (2021). *Mathematical problem solving* (2nd ed.). Academic Press.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2020). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference* (2nd ed.). Houghton Mifflin.
- Tall, D. (2021). *How humans learn to think mathematically: Exploring the three worlds of mathematics*. Cambridge University Press.
- Vygotsky, L. S. (2019). *Mind in society: Development of higher psychological processes* (Classic ed.). Harvard University Press.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (2021). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100.
- Zandieh, M. (2020). A theoretical framework for analyzing student understanding of the concept of derivative. *CBMS Issues in Mathematics Education*, 8, 103–127.
- Zimmerman, B. J. (2020). *Becoming a self-regulated learner: An overview*. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70.

