

Pengaruh Penerapan *Problem Based Learning* (PBL) dengan Pendekatan *Deep Learning* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X

Ida Nur Aini¹, Heny Sulistyaningrum²✉

^{1,2} Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas PGRI Ronggolawe,
Jl. Manunggal No 61, Tuban, Jawa Timur
idanuraini724@gmail.com

Abstract

One of the factors triggering students' low mathematical critical thinking capacity is the dominance of traditional, assignment-centered instruction, compounded by a lack of solid conceptual understanding, particularly in the topic of exponential equations. In response to this problem, integrating a deep learning approach into the Problem Based Learning (PBL) model is considered an effective strategic step for stimulating students' active participation during learning activities. This research specifically aims to investigate the extent to which the implementation of deep learning-based PBL affects students' mathematical critical thinking ability, using a quantitative method with a quasi-experimental design employing a nonequivalent control group model. The research population encompassed all tenth-grade students of SMAN 3 Tuban in the 2025/2026 academic year, consisting of 36 students in the experimental class and 36 others in the control class. Data collected through pretests and posttests on the exponential equations topic were then processed using an independent sample t-test after confirming that the data met the criteria for normality and homogeneity. With hypothesis testing results of $t\text{-count} = 10.729$ and a significance level of $0.000 < 0.050$, along with a mean difference reaching 13.533, it was confirmed that the data distribution met the requirements for normality and homogeneity. These findings prove that the use of the PBL model combined with a deep learning approach has a significant and positive influence on students' mathematical critical thinking ability, making this method a highly suitable choice for effective learning aimed at honing higher-order thinking skills in the topic of exponential equations.

Keywords: Problem Based Learning, deep learning, critical thinking, exponential equations

Abstrak

Rendahnya kapasitas berpikir kritis matematis siswa salah satunya dipicu oleh dominasi instruksi tradisional yang berpusat pada penugasan, ditambah lagi dengan kurangnya pemahaman konsep yang kokoh khususnya pada materi persamaan eksponensial. Menanggapi problem tersebut, integrasi pendekatan *deep learning* ke dalam model *Problem Based Learning* (PBL) dinilai sebagai langkah strategis yang efektif dalam menstimulasi partisipasi aktif siswa selama kegiatan belajar. Riset ini secara spesifik bertujuan untuk menyelidiki sejauh mana dampak implementasi PBL berbasis *deep learning* terhadap kapabilitas berpikir kritis matematis peserta didik dengan menggunakan metode kuantitatif berdesain *quasi experiment* dengan model *nonequivalent control group*. Populasi riset mencakup seluruh siswa kelas X SMAN 3 Tuban tahun ajaran 2025/2026 yang terdiri dari 36 orang di kelas eksperimen serta 36 orang lainnya di kelas kontrol. Data yang dihimpun melalui *pretest* dan *posttest* mengenai materi persamaan eksponensial kemudian diproses menggunakan uji *independent sample t-test* setelah memastikan data memenuhi kriteria normalitas dan homogenitas. Dengan hasil pengujian hipotesis sebesar $t_{hitung} = 10,729$ dan taraf signifikansi $0,000 < 0,050$ serta selisih rerata mencapai 13,533, terkonfirmasi bahwa distribusi data memenuhi syarat normal dan homogen. Temuan tersebut membuktikan bahwa penggunaan model PBL dipadukan pendekatan *deep learning* membawa pengaruh yang signifikan dan positif bagi kemampuan berpikir kritis matematis siswa, sehingga metode ini sangat layak dijadikan pilihan pembelajaran yang efektif dalam mengasah keterampilan berpikir tingkat tinggi pada topik persamaan eksponensial.

Kata kunci: Problem Based Learning, deep learning, berpikir kritis, persamaan eksponensial

Copyright (c) 2026 Ida Nur Aini, Heny Sulistyaningrum

✉ Corresponding author: Heny Sulistyaningrum

Email Address: henysulistyaningrum.65@gmail.com (Jl. Manunggal No 61, Tuban, Jawa Timur)

Received 17 June 2026, Accepted 18 July 2026, Published 31 July 2026

DoI: <https://doi.org/10.31004/cendekia.v10i2.5196>

PENDAHULUAN

Kemampuan berpikir kritis dalam matematika tergolong dalam kompetensi esensial yang harus ditingkatkan pada siswa SMA di era *modern*. Secara operasional, kemampuan ini mencakup berbagai

keterampilan kognitif seperti menganalisis, mengevaluasi, menginterpretasikan informasi, dan menyimpulkan secara rasional sesuai cakupan pemecahan masalah matematika (Annawa UBM et al., 2025). Kebutuhan pendidikan masa kini menekankan pada pengasahan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills / HOTS*) di samping pemahaman konsep sebagai bentuk penyesuaian terhadap perkembangan zaman. Lebih jauh, matematika sebagai disiplin ilmu memang menuntut proses penalaran yang sistematis dan logis, maka kapasitas bernalar kritis menjadi fondasi krusial (Sari & Juandi, 2024).

Permasalahan minimnya kemampuan bernalar kritis matematis peserta didik di Indonesia belum sepenuhnya tuntas. Capaian observasi awal terhadap siswa kelas X SMAN 3 Tuban menunjukkan bahwa mayoritas peserta didik masih menemui hambatan dalam mengerjakan soal non-rutin yang menuntut pemikiran komprehensif. Selain itu, siswa cenderung bergantung pada contoh penyelesaian dari guru tanpa mampu mengembangkan strategi pemecahan masalah secara mandiri. Kemampuan dalam menyampaikan argumen secara logis juga masih lemah, yang terlihat dari ketidakmampuan siswa dalam menjelaskan alasan di balik jawaban mereka. Kondisi ini khususnya tampak pada materi eksponensial yang menuntut pemahaman konseptual yang kuat serta keterkaitan dengan konsep aljabar lainnya. Siswa lebih banyak menghafal prosedur daripada memahami konsep secara menyeluruh (Putri & Wijaya, 2024). Temuan ini yang diperkuat oleh penelitian (Wijayanti et al. 2023) memberikan penguatan terhadap permasalahan ini, di mana rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa pada materi eksponensial diidentifikasi bersumber dari pendekatan pembelajaran yang lebih mengutamakan penyelesaian tugas dibandingkan pengembangan nalar.

Salah satu respons pedagogis yang dinilai relevan untuk mengatasi problematika pembelajaran matematika merupakan implementasi model *Problem Based Learning* (PBL). Model tersebut dirancang dengan menjadikan isu-isu nyata selaku inti kegiatan belajar, agar peserta didik tidak hanya dituntut berpikir secara kritis, tetapi juga dipacu untuk berperan aktif dan mengembangkan otonomi dalam mencari penyelesaian. Keefektifan PBL bukanlah klaim tanpa dasar sejumlah penelitian empiris telah memberikan validasi yang kuat terhadap hal ini.

Landasan empiris terkait keefektifan model ini cukup kuat. Kajian Bahrudin dan Zainudin (2025), Laiya dan Abbas (2025), Zulkarnain dan Syaiful (2023) secara kolektif membuktikan bahwa implementasi PBL berkontribusi nyata terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis serta pemecahan masalah matematis. Capaian ini mendapat penguatan dari temuan kajian Ramadhanti et al. (2022), Kasmita et al. (2025) serta Rahmadhani dan Susda Heleni (2024) yang mendeskripsikan terdapat dampak positif pendekatan tersebut pada aspek kemampuan bernalar kompleks dalam matematika. Di samping itu, penelitian Khoiriyah et al. (2025), Lahagu et al. (2025), serta Meiyasa dan Ardiansyah (2025) memperluas cakupan temuan dengan menunjukkan bahwa pendidikan berlandaskan pemecahan persoalan secara efektif menumbuhkan partisipasi nyata peserta didik, memperkuat kemandirian belajar, dan meningkatkan kualitas berpikir kritis dalam matematika.

Ratnasari dan Sulistyaningrum (2023) menambahkan bahwa karena proses PBL berfokus pada peserta didik (*student-centered learning*), peserta didik mendapatkan peluang yang lebih proporsional demi mengonstruksi pemahaman serta pengetahuannya secara independen, yang ujungnya berimplikasi pada penguatan daya nalar kritis matematis.

Di samping itu, pendekatan *Deep Learning* juga mulai banyak mendapat perhatian pada aktivitas belajar matematika dikarenakan mampu mendorong pemahaman materi secara komprehensif. Metode ini bukan sebatas menekankan penguasaan materi secara permukaan, melainkan turut membantu siswa mengaitkan berbagai konsep serta mengaplikasikannya dalam situasi yang berbeda. Maka dari itu, pembelajaran mendalam (*Deep Learning*) dianggap sebagai penyempurna yang tepat bagi model PBL, karena kombinasi keduanya dapat meningkatkan kualitas pembelajaran secara signifikan, Ardhana et al. (2025) serta Agus et al. (2026) yang secara eksplisit menegaskan bahwa penggabungan PBL dengan *Deep Learning* menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam mengasah daya nalar kritis peserta didik saat dikomparasikan dengan metode pengajaran tradisional. Sementara itu, studi yang dilakukan Saputra et al. (2025) secara khusus mengungkapkan bahwa metode *Deep Learning* berkontribusi secara nyata dalam meningkatkan kapasitas penalaran matematis dan keterampilan pemecahan masalah siswa.

Meskipun demikian, kajian yang mengintegrasikan PBL dan *Deep Learning* dalam pembelajaran matematika di tingkat SMA masih relatif terbatas, khususnya pada materi eksponensial. Padahal, kombinasi keduanya memiliki potensi besar dalam mengembangkan kapasitas nalar kritis peserta didik lewat pendidikan berbasis masalah yang didukung oleh pemahaman konsep yang mendalam (Rahmadhani & Susda Heleni, 2024).

Berdasarkan kajian yang telah diuraikan, teridentifikasi beberapa kesenjangan yang menjadi landasan urgensi penelitian ini. Pertama, dari sisi variabel penelitian, kajian-kajian terdahulu mengenai PBL Bahrudin & Zainudin (2025), Kasmita & Khalsum (2025), Laiya & Abbas (2025), Ramadhanti et al. (2022), Zulkarnain & Syaiful (2023) dan kajian mengenai *Deep Learning* Saputra et al. (2025) cenderung dikaji secara terpisah sebagai variabel tunggal terhadap kemampuan berpikir kritis atau pemecahan masalah matematis. Studi yang spesifik memadukan kedua metode tersebut sebagai model pembelajaran terpadu masih sangat terbatas jumlahnya, dengan Agus et al. (2026) dan Ardhana et al. (2025) menjadi rujukan yang relatif baru dan belum banyak direplikasi pada konteks serta jenjang pendidikan yang berbeda. Kedua, dari sisi materi ajar, sebagian besar penelitian terdahulu terkait PBL dan kemampuan berpikir kritis matematis banyak dilakukan pada materi-materi umum lainnya, sementara kajian yang berfokus secara khusus pada materi eksponensial masih jarang ditemukan. Padahal, sebagaimana diungkapkan oleh Putri & Wijaya (2024) dan Wijayanti et al. (2023), materi eksponensial memiliki karakteristik khusus yang menuntut pemahaman konseptual mendalam dan keterkaitan antar-konsep aljabar, sehingga rendahnya kemampuan berpikir kritis pada materi ini menuntut model pembelajaran yang secara spesifik dirancang untuk mengatasi karakteristik tersebut. Ketiga, dari sisi subjek dan konteks penelitian, mayoritas studi acuan Khoiriyah et al. (2025), Lahagu

et al. (2025) serta Meiyasa & Ardiansyah (2025) dilaksanakan pada satuan pendidikan dan wilayah yang berbeda dari konteks penelitian ini, sehingga temuan-temuan tersebut belum tentu dapat digeneralisasi pada karakteristik siswa SMAN 3 Tuban yang memiliki latar belakang kemampuan awal dan lingkungan belajar yang khas.

Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada tiga aspek utama. Aspek yang pertama adalah pengintegrasian pendekatan *Problem Based Learning* dan pendekatan *Deep Learning* menjadi satu kesatuan intervensi pembelajaran, bukan sebagai variabel yang berdiri sendiri. Kedua, penerapan integrasi tersebut secara spesifik pada materi eksponensial yang sejauh ini minim eksplorasi pada literatur sejenis. Serta yang ketiga, pengujian pada konteks siswa kelas X SMAN 3 Tuban yang belum pernah menjadi subjek dalam penelitian-penelitian acuan sebelumnya. Ketiga aspek tersebut menjadikan penelitian ini berkontribusi dalam mengisi kekosongan literatur sekaligus memperkuat generalisasi keefektifan model PBL berbasis *Deep Learning* dalam mengasah nalar kritis matematis peserta didik.

Berdasarkan keseluruhan penjelasan tersebut, Riset ini mengkaji dampak penggunaan kerangka *Problem Based Learning* berorientasi *Deep Learning* bagi kapasitas nalar kritis matematis siswa kelas X SMAN 3 Tuban. Secara praktis, Pengembangan inovasi pengajaran matematika guna mempertajam nalar kritis peserta didik melalui metode yang lebih efektif dan bermakna diharapkan lahir dari riset ini.

METODE

Studi ini menerapkan metodologi kuantitatif berdesain *quasi experimental* tipe *nonequivalent control group design* guna merespons rumusan masalah kajian. Pemilihan desain tersebut karena memberikan peluang bagi peneliti untuk membandingkan dua kelompok kelas secara simultan tanpa melalui proses pengacakan subjek. Dalam desain ini, satu kelas berperan sebagai kelompok eksperimen, sementara kelompok kelas lainnya ditetapkan sebagai kontrol. Kelompok eksperimen memperoleh intervensi dalam bentuk implementasi model *Problem Based Learning* yang dikombinasikan pada metode *deep learning*, sedangkan kelas kontrol menjalankan instruksi dengan metode tradisional yang lebih berorientasi pada pemberian tugas (Sumarna & Rahmawati, 2024).

Seluruh siswa kelas X SMAN 3 Tuban tahun ajaran 2025/2026 merupakan populasi yang dijadikan objek kajian ini, yang terdistribusi ke dalam tujuh rombongan belajar. Metode penarikan sampel yang diterapkan adalah *cluster random sampling*, sebuah pendekatan yang melibatkan seleksi unit sampel berdasarkan kelompok-kelompok yang telah terbentuk secara alami, dalam konteks ini adalah kelas. Berdasarkan penerapan teknik tersebut, kelompok eksperimen diposisikan pada kelas X-D, sedangkan kelas X-E dialokasikan menjadi kelompok kontrol. Setiap kelompok tersebut terdiri atas 36 siswa.

Tes kemampuan berpikir kritis matematis model uraian yang dibagikan saat *pretest* dan *posttest* merupakan alat ukur utama dalam investigasi ini yang terdiri dari tiga butir soal merujuk parameter

interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, hingga eksplanasi menurut Facione (2015).

Tabel 1. Indikator Kemampuan Berpikir Kritis

Indikator	Deskripsi
Interpretasi	Memahami dan mengidentifikasi informasi yang terdapat pada permasalahan
Analisis	Menghubungkan informasi, konsep, dan strategi penyelesaian
Evaluasi	Menilai kebenaran prosedur atau argument matematis
Inferensi	Menarik kesimpulan berdasarkan hasil penyelesaian
Explanation	Menyajikan alasan atau langkah penyelesaian secara logis

Data dijamin menggunakan tes penalaran kritis matematis sebagai instrumen utama. Penyusunan instrumen mengacu pada empat indikator utama, yaitu: (1) kemampuan mengenali permasalahan, (2) kemampuan menganalisis informasi, (3) kemampuan menilai atau menguji penalaran, dan (4) kemampuan merumuskan simpulan secara rasional. Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen terlebih dahulu melalui dua tahapan penting. Pertama, dilakukan validasi oleh guru mata pelajaran matematika di SMAN 3 Tuban untuk menilai kesesuaian isi, konstruk, dan aspek kebahasaan. Kedua, dilakukan uji validitas dan reliabilitas menjamin instrumen mampu mengukur kemampuan tersebut secara akurat dan reliabel (Sumarna & Rahmawati, 2024).

Prosedur perolehan data ditempuh melalui dua fase evaluasi yakni *pretest* dan *posttest* bagi kedua kelompok di mana *pretest* bertujuan memetakan kompetensi awal siswa sementara *posttest* dipakai guna menilai tingkat nalar kritis matematis pasca-intervensi sehingga perbedaan rerata antar-kelompok diuji melalui *independent sample t-test* (Muslimin & Purwaningsih, 2023). Sebelum pengujian hipotesis, data wajib melewati uji normalitas serta homogenitas guna memastikan pemenuhan asumsi analisis statistik parametrik, kemudian hasil dari seluruh olah data tersebut dijadikan acuan dalam menyimpulkan dampak implementasi model *Problem Based Learning* terintegrasi *deep learning* bagi nalar kritis matematis siswa kelas X SMAN 3 Tuban tahun ajaran 2025/2026.

HASIL DAN DISKUSI

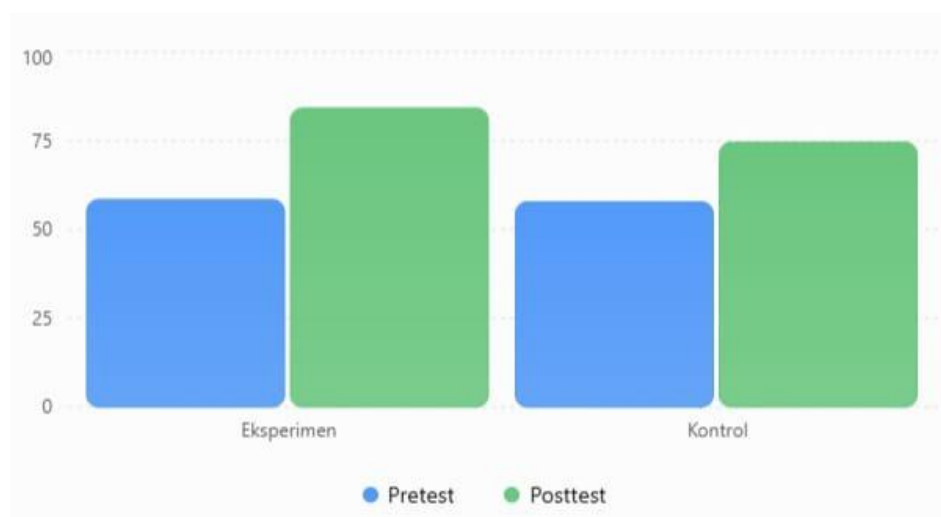
Riset ini bermaksud menguji dampak penerapan model *Problem Based Learning* berorientasi *deep learning* bagi kapasitas nalar kritis matematis siswa kelas X di SMAN 3 Tuban. Hasil penelitian disajikan secara bertahap, meliputi statistik deskriptif, peningkatan hasil belajar, pengujian prasyarat analisis, pengujian hipotesis, dan pembahasan.

Tabel 2. Nilai Pretest dan Posttest

Kelompok	n	Pretest (Mean $\pm$ SD)	Posttest (Mean $\pm$ SD)	Nilai Tertinggi	Nilai Terendah
Eksperimen	36	58,42 $\pm$ 8,51	84,17 $\pm$ 6,42	96	68
Kontrol	36	57,78 $\pm$ 8,36	74,58 $\pm$ 7,01	88	60

Berdasarkan Tabel 2, skor rata-rata *pretest* kelompok eksperimen tercatat sebesar 58,42, sementara kelompok kontrol berada pada angka 57,78. Perbedaan rerata yang relatif kecil

mengindikasikan adanya kesetaraan kondisi kemampuan awal antara kedua kelompok. Rerata nilai *posttest* menunjukkan peningkatan pasca-implementasi perlakuan, dengan perolehan kelompok eksperimen sebesar 84,17 dan kelompok kontrol sejumlah 74,58. Hasil ini mengindikasikan bahwa kelompok eksperimen mengalami kenaikan nalar kritis matematis yang lebih besar daripada kelompok kontrol.



Gambar 1. Perbandingan Rata-rata Pretest dan Posttest

Perolehan rerata *posttest* kelompok eksperimen tampak naik lebih signifikan daripada kelompok kontrol meskipun berdasarkan Gambar 1 kedua kelompok awalnya memiliki kapasitas yang relatif setara. Hal ini memperlihatkan bahwa pembelajaran menggunakan *Problem Based Learning* berbasis *deep learning* terbukti mampu mengoptimalkan peningkatan nalar kritis matematis siswa.

Tabel 3 menyajikan hasil analisis *N-Gain* yang dipakai guna mengukur seberapa jauh kenaikan tingkat nalar kritis matematis siswa.

Tabel 3. Hasil Analisis N-Gain

Kelompok	Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	N-Gain	Kategori
Eksperimen	58,42	84,17	0,62	Sedang
Kontrol	57,78	74,58	0,40	Sedang

Kelompok eksperimen memperoleh skor rata-rata *N-Gain* sebesar 0,62, sedangkan angka 0,40 tercatat pada kelompok kontrol sebagaimana tertera dalam Tabel 3. Meskipun keduanya berada di kategori sedang, perolehan *N-Gain* kelompok eksperimen lebih unggul dan menandakan bahwa penerapan model *Problem Based Learning* berbasis *deep learning* memberikan peningkatan nalar kritis matematis yang jauh lebih signifikan daripada metode tradisional.

Uji *Levene* diaplikasikan guna melakukan pemeriksaan homogenitas varians, dengan hasil signifikansi statistik mencapai 0,243 yang mana angka tersebut berada di atas taraf 0,05. Situasi ini merepresentasikan bahwa varians antar-kelompok kontrol dan eksperimen mempunyai karakteristik yang setara atau homogen. Terpenuhinya asumsi ini menjadi dasar kokoh untuk meneruskan proses

analisis melalui *independent sample t-test* dengan prasyarat *equal variances assumed*.

Nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ bersama dengan perolehan *t-hitung* sejumlah 10,729 pada derajat kebebasan (*df*) 70 menegaskan temuan uji hipotesis lewat *independent sample t-test*. Didapatkan *mean difference* senilai 13,533 dengan rentang interval kepercayaan 95% di angka 11,01 hingga 16,06. Selisih rata-rata yang bernilai positif ini membuktikan bahwa kelompok eksperimen mempunyai capaian nalar kritis matematis yang lebih superior dibandingkan kelompok kontrol, sehingga hipotesis nol (H_0) dinyatakan ditolak, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) dinyatakan diterima.

Dampak positif terhadap nalar kritis matematis siswa terbukti melalui implementasi model *Problem Based Learning* berbasis *deep learning* dalam riset ini, sebagaimana tercermin dari perolehan skor *posttest* serta nilai *N-Gain* kelompok eksperimen yang melampaui capaian kelompok kontrol. Aktivitas pembelajaran yang berbasis masalah mengarahkan siswa untuk menelaah persoalan, meneliti data secara teliti, menimbang berbagai alternatif penyelesaian, serta membangun simpulan berlandaskan alasan yang rasional. Selain itu, kolaborasi dengan pendekatan *deep learning* mendorong siswa untuk membentuk pemahaman konsep yang lebih mendalam lewat kegiatan eksplorasi, refleksi kritis, dan diskusi kooperatif.

Temuan riset ini selaras dengan studi Napitupulu et al. (2022) yang menyatakan bahwa *Problem Based Learning* dapat mengoptimalkan kapabilitas berpikir kritis matematis dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan tersebut turut mendukung kajian Lahagu et al. (2025) yang menunjukkan bahwa implementasi PBL berkontribusi signifikan terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa. Di samping itu, Situmorang dan Laksono (2025) menegaskan bahwa pemanfaatan masalah kontekstual dalam PBL meningkatkan kemampuan analisis, evaluasi, dan keaktifan belajar siswa. Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini mengintegrasikan PBL dengan pendekatan *deep learning*, sehingga bukan hanya mengoptimalkan kemampuan menyelesaikan masalah, melainkan turut mengukuhkan pemahaman konseptual serta pembelajaran yang bermakna.

Secara praktis, temuan riset ini menyajikan opsi metode mengajar bagi pendidik matematika untuk mengasah daya kritis siswa, terutama dalam topik persamaan eksponensial, serta mendukung pelaksanaan pembelajaran berorientasi *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) sesuai urgensi Kurikulum Merdeka. Dari sisi teoretis, hasil studi ini meneguhkan paham konstruktivisme yang meletakkan peserta didik sebagai fokus pembelajaran guna mengonstruksi pemahaman melalui aktivitas belajar yang partisipatif, di mana integrasi *Problem Based Learning* berbasis *deep learning* menjadi pilar utamanya.

Dari sudut pandang pedagogis, sinergi antara *deep learning* dan PBL menghasilkan pengalaman belajar yang bersifat komprehensif dan mendalam. Chrisdiyanto dan Hamdi (2023) menggarisbawahi bahwa pembelajaran berbasis masalah terbukti efektif dalam menaikkan bukan hanya kemampuan berpikir kritis, tetapi juga kemandirian belajar siswa. Di samping itu, Paillin et al. (2024) menyatakan bahwa melalui PBL, siswa terlibat secara aktif dalam proses analisis, evaluasi, serta pemecahan masalah. Peningkatan nalar kritis matematis kelas eksperimen melampaui kelas kontrol disebabkan

oleh kontribusi aktivitas diskusi, eksplorasi, serta refleksi selama proses belajar yang efektif dalam melatih kapasitas siswa untuk berpikir secara analitis dan evaluatif.

Secara menyeluruh, riset ini memperkuat bukti bahwa penggabungan *Problem Based Learning* (PBL) dan pendekatan *deep learning* terbukti berhasil demi menghadirkan ekosistem belajar yang berfokus pada siswa serta memicu partisipasi mereka secara aktif. Melalui kondisi tersebut, kecakapan peserta didik dalam menuntaskan persoalan matematika secara logis, sistematis, serta reflektif terbukti meningkat secara signifikan. Oleh sebab itu, strategi pembelajaran yang mengintegrasikan PBL dengan *deep learning* dapat dijadikan opsi potensial guna menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, terutama pada topik persamaan eksponensial.

KESIMPULAN

Data empiris riset ini membuktikan bahwa penggabungan pendekatan *deep learning* dalam model *Problem Based Learning* (PBL) efektif menaikkan kemampuan berpikir kritis matematis peserta didik secara nyata, sebagaimana terlihat pada capaian kelas X SMAN 3 Tuban tahun ajaran 2025/2026 materi persamaan eksponensial di mana kelompok eksperimen unggul konsisten dibanding kelompok pembelajaran konvensional; hal ini diperkuat nilai signifikansi 0,000 dari *independent sample t-test* yang menegaskan penolakan hipotesis nol serta penerimaan hipotesis alternatif, sementara selisih rerata skor yang mencolok semakin memastikan bahwa siswa yang belajar melalui kombinasi model PBL dan pendalaman konsep memiliki kapasitas lebih baik dalam mengevaluasi argumen, melakukan analisis, serta menarik kesimpulan secara sistematis, yang mengindikasikan bahwa kolaborasi kedua pendekatan tersebut sangat positif bagi pengembangan nalar kritis karena tidak sekadar menuntaskan masalah namun juga memicu pemahaman konsep mendalam sehingga kombinasi ini layak diimplementasikan secara luas dalam pembelajaran matematika, terutama untuk menumbuhkan keterampilan bernalar kritis pada materi persamaan eksponensial.

Meskipun demikian, penelitian ini tidak luput dari beberapa keterbatasan. Generalisasi temuan penelitian ini dibatasi oleh cakupan sampel yang hanya mencakup dua kelas di satu institusi pendidikan, dengan fokus materi yang spesifik pada persamaan eksponensial. Di samping itu, riset ini terbatas pada lingkup kemampuan berpikir kritis matematis sehingga belum mengeksplorasi dimensi matematis lainnya ataupun aspek eksternal seperti lingkungan belajar dan motivasi yang mungkin berdampak terhadap capaian kajian ini, maka dari itu penelitian selanjutnya dianjurkan untuk mendalami pengaruhnya terhadap kecakapan matematis yang lain, mengaplikasikan pendekatan *deep learning* dalam model *Problem Based Learning* pada level pendidikan serta topik yang variatif, serta memperlebar jangkauan sampel demi memperoleh wawasan yang jauh lebih menyeluruh perihal keefektifan metode tersebut.

Kelancaran dalam merampungkan riset ini tentu saja berkat bantuan serta sumbangsih dari beragam kalangan, baik mereka yang berpartisipasi secara langsung maupun pihak-pihak terkait

lainnya. Maka dari itu, peneliti ingin memanjatkan syukur dan terima kasih yang setulus-tulusnya ditujukan kepada kedua orang tua serta segenap keluarga atas curahan kasih sayang, doa, serta dukungan yang senantiasa mengalir tanpa henti, tak lupa pula kepada kawan-kawan yang terus memberikan dorongan semangat selama pengerjaan penelitian ini. Selain itu, peneliti juga menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada segenap dosen serta Ketua Program Studi Pendidikan Matematika yang telah mencurahkan bekal keilmuan, bimbingan, serta arahan sepanjang masa studi, di samping ucapan terima kasih secara khusus kepada Kepala SMAN 3 Tuban, guru matematika, beserta siswa kelas X yang telah berpartisipasi aktif serta memberikan dukungan dan izin sehingga kegiatan penelitian ini dapat terealisasi dengan sukses.

REFERENSI

- Agus, I. K., Saputra, P., Suryawan, I. P. P., & Pujawan, I. G. N. (2026). *DEEP LEARNING IN IMPROVING STUDENTS' MATHEMATICAL CRITICAL THINKING: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW* Universitas Pendidikan Ganesha, Bali, Indonesia. 13(2), 203–223.
<https://doi.org/10.36085/Math-Umb.Edu.V13i2.9994>
- Annawa UBM, M. A., Faridah, A., Putra, N. D., Fachri, K. Al, & Silvi, I. (2025). PENGARUH MODEL PROBLEM-BASED LEARNING BERPENDEKATAN DEEP LEARNING TERHADAP HIGHER ORDER THINKING SKILLS DAN MOTIVASI BELAJAR SISWA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10.
<https://doi.org/10.23969/Jp.V10i04.36555>
- Ardhana, D., Fajrina, S., Syamsurizal, & Fitri, R. (2025). *Implementasi Problem Based Learning Berbasis Deep Learning Untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Sistem Ekskresi Di Sma*. <https://doi.org/10.26877/H7xvzr38>
- Bahrudin, Zainudin, H. R. D. (2025). *PENERAPAN MODEL PROBLEM BASED LEARNING PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA UNTUK MELATIH KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA*. 17, 418–425.
<https://doi.org/10.26618/Sigma.V17i2.18137>
- Chrisdiyanto, E., & Hamdi, S. (2023). *Efektivitas Problem Based Learning Dan Problem Solving Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kemandirian Belajar Matematika*. 10(2).
<https://doi.org/10.21831/Jrpm.V10i2.65754>
- Kasmita, M., & Khalsum, N. U. (2025). *Implementation Of Problem-Based Learning To Improve Mathematical Critical Thinking Ability Of High School Students*. 02(2), 49–60.
<https://doi.org/10.69855/Science.V2i2.130>
- Khoiriyah, M. S., Arfinanti, N., & Wuryanti, S. H. (2025). *Pengembangan Modul Ajar Berbasis Problem Based Learning Untuk Memfasilitasi Kemampuan Berpikir Kritis Siswa*. 8(1), 59–66.
<https://doi.org/10.21067/Pmej.V8i1.11293>
- Lahagu, Y. T., Giawa, Y., & Gulo, K. E. (2025). *Strategi Pembelajaran Problem Based Learning*

- Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Pembelajaran Matematika*. 1(2), 293–300. <https://doi.org/10.63822/B4tmk215>
- Laiya, W. S., & Abbas, N. (2025). *THE IMPLEMENTATION OF PROBLEM-BASED LEARNING TO IMPROVE MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING ABILITY: A CASE ON SOCIAL ARITHMETICS*. 8(2), 428–437. <https://doi.org/10.22460/Jiml.V8i2.P28121>
- Meiyasa, A. L., & Ardiansyah, H. (2025). *Penerapan Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa SMA*. 9, 15560–15567. <https://doi.org/10.31004/Jptam.V9i2.28000>
- Muslimin, M., & Purwaningsih, E. (2023). *Meta-Analisis : Pengaruh LKPD Berbasis PBL Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Pemecahan Masalah Dalam Fisika Meta-Analysis : PBL-Based Worksheet Improving Critical Thinking And Problem Solving Skills In Physics*. 2, 38–45. <https://doi.org/10.21831/Jpms.V4i1.10>
- Napitupulu, L., Sianipar, V. W., & Simanjuntak, L. B. (2022). Pembelajaran Dengan Model Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Dan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa Pada Materi SPLDV Kelas VIII SMP Negeri 1 Sipahutar. *SEPREN: Journal Of Mathematics Education And Applied, Nicomse*(October), 156–163. <https://doi.org/10.36655/Sepren.V3i2>
- Paillin, B., Prastiti, T. D., & Ramdhani, S. (2024). *Pengembangkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Solusi Masalah Matematika Melalui Problem Based Learning*. 08(May), 1225–1242. <https://doi.org/10.31004/Cendekia.V8i2.3199>
- Putri, L. R., & Wijaya, A. (2024). *ANALISIS KEMAMPUAN JUSTIFIKASI MATEMATIKA SISWA SMA DALAM MENELAAH JAWABAN DARI CHATGPT PADA TIPE SOAL MAKING DECISION MATERI PERSAMAAN EKSPONENSIAL*. 10, 201–215. <https://doi.org/10.21831/Jpm.V10i3.20772>
- Rahmadhani, S. F., & Susda Heleni, P. Y. (2024). IMPLEMENTASI MODEL PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS PESERTA DIDIK. *SIGMA : JURNAL PENDIDIKAN MATEMATIKA*, 16(2), 544–556. <https://doi.org/10.26618/Sigma.V16i2.16348>
- Ramadhanti, F. T., Juandi, D., & Jupri. (2022). *PENGARUH PROBLEM-BASED LEARNING TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI MATEMATIS SISWA*. 11(1), 667–682. <https://doi.org/10.24127/Ajpm.V11i1.4715>
- Ratnasari, V., & Sulistyaningrum, H. (2023). Pengaruh Model Problem Based Learning Dengan Pendekatan Stem Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematika Siswa Smp. *Jurnal Teladan*, 8(2).
- Saputra, Z. A., Restiani, H., Ayu, M., & Pratiwi, R. H. (2025). Perbandingan Efektivitas Pembelajaran

- Deep Learning Dan Diferensiasi Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Dan Penalaran Matematika Siswa. *Aljabar: Jurnal Ilmu Pendidikan, Matematika Dan Kebumian*, 1(3), 124–140. <https://doi.org/10.62383/Aljabar.V1i3.683>
- Sari, R. N., & Juandi, D. (2024). *Improving Student ' S Critical Thinking Skills In Mathematics Education : A Systematic Literature Review*. 07(1), 845–861. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/Cendekia.V7i1.2091>
- Situmorang, S. S., & Laksono, E. W. (2025). *Penerapan Problem-Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Keaktifan Belajar Peserta Didik*. 13, 283–294. https://doi.org/https://doi.org/10.21831/Jpms.V13ispecial_Issue.89598
- Sumarna, N., & Rahmawati, I. (2024). *Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Literasi Matematika : Penerapan Desain Instruksional Pengintegrasian PBL Dan Classpoint*. 19(2), 153–164. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/Pythagoras.V19i2.78000>
- Wijayanti, R., Yusmin, E., & Fitriawan, D. (2023). *Pemahaman Konsep Pada Materi Fungsi Eksponensial Ditinjau Dari Gaya Belajar Siswa Di SMA*. 6, 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.46918/Equals.V6i1.1698>
- Zulkarnain, M. A., & , Syaiful, S. (2023). *Using Learning Models Problem Based Learning To Improve Students' Mathematical Critical Thinking Skills*. 6(2), 153–162. <https://doi.org/10.24042/Djm>