



Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah dalam Pembelajaran Matematika Diskrit pada Materi Graf dengan Pendekatan Andragogi dan *Problem Based Learning* Mahasiswa

Fahrullah I Tama Umar^{1✉}, Nailul Yuni Permataputri²

Universitas Pat Petulai, Bengkulu, Indonesia¹, Universitas Tamansiswa, Padang, Indonesia²

e-mail : fahrullahitamaumar2@gmail.com¹, nailuyuni@gmail.com²

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematika mahasiswa Program Studi S1 Ilmu Komputer Universitas Pat Petulai pada materi Graf melalui integrasi pendekatan Andragogi dan *Problem Based Learning* (PBL). Penelitian kuantitatif deskriptif dengan desain *one-group pretest-posttest* ini melibatkan 28 mahasiswa kelas A angkatan aktif. Instrumen yang digunakan berupa tes kemampuan pemecahan masalah berdasarkan indikator Polya dan angket kemandirian belajar. Pengujian kualitas instrumen dilakukan melalui validitas korelasi *Product Moment* dan uji reliabilitas *Cronbach's Alpha*. Analisis data dilakukan melalui statistik deskriptif, uji-t berpasangan (*paired sample t-test*), kalkulasi *N-Gain*, serta pengelompokan tingkat kemampuan pemecahan masalah. Hasil analisis statistik menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada nilai rata-rata dari pretes (48,21) ke postes (81,43) dengan $t(27) = 21,84$ ($p < 0,001$). Rata-rata skor *N-Gain* sebesar 0,64 berada pada kategori sedang menuju tinggi. Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator memahami masalah dan merencanakan penyelesaian. Pembelajaran berbasis masalah yang dikombinasikan dengan prinsip andragogi terbukti efektif mendorong kemandirian belajar dan kemampuan analisis aplikatif mahasiswa dalam teori Graf.

Kata Kunci: Andragogi, Graf, Matematika Diskrit, Pemecahan Masalah, *Problem Based Learning*

Abstract

This study aims to analyze the improvement in mathematical problem-solving skills among undergraduate Computer Science students at Universitas Pat Petulai regarding Graph theory, through the integration of Andragogy and Problem-Based Learning (PBL) approaches. This descriptive quantitative study, utilizing a *one-group pretest-posttest* design, involved 28 students from an active cohort (Class A). The instruments used included a problem-solving skills test based on Polya's indicators and a learning independence questionnaire. Instrument quality was assessed via *Product Moment* correlation validity and *Cronbach's Alpha* reliability testing. Data analysis involved descriptive statistics, a *paired-sample t-test*, *N-Gain* calculation, and the categorization of problem-solving skill levels. Statistical analysis results revealed a significant increase in mean scores from the pretest (48.21) to the posttest (81.43), with $t(27) = 21.84$ ($p < 0.001$). The average *N-Gain* score of 0.64 fell within the medium-to-high category. The greatest improvements were observed in the indicators for understanding the problem and planning the solution. Problem-based learning combined with andragogical principles proved effective in fostering student learning independence and applied analytical skills in Graph theory.

Keywords: Andragogy, Graph, Discrete Mathematics, Problem Solving, Problem-Based Learning

PENDAHULUAN

Kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu kompetensi penting yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran matematika di perguruan tinggi. Kemampuan ini tidak hanya berkaitan dengan keterampilan memperoleh jawaban yang benar, tetapi juga mencakup kemampuan memahami permasalahan, mengidentifikasi informasi yang relevan, merancang strategi penyelesaian, menerapkan strategi secara sistematis, serta mengevaluasi ketepatan hasil yang diperoleh. Polya (2014) mengemukakan empat tahapan utama dalam pemecahan masalah, yaitu memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan rencana, dan memeriksa kembali hasil penyelesaian. Keempat tahapan tersebut dapat digunakan sebagai kerangka untuk menganalisis proses berpikir mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan matematika secara terstruktur.

Dalam konteks pendidikan tinggi, kemampuan pemecahan masalah memiliki relevansi khusus bagi mahasiswa Program Studi S1 Ilmu Komputer. Mahasiswa tidak hanya dituntut menguasai konsep teoretis, tetapi juga perlu mengembangkan kemampuan berpikir logis, analitis, sistematis, dan komputasional untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan algoritma dan sistem informasi. Salah satu mata kuliah yang mendukung pengembangan kompetensi tersebut adalah Matematika Diskrit. Mata kuliah ini menyediakan landasan matematis bagi berbagai konsep dalam ilmu komputer, termasuk struktur data, algoritma, jaringan komputer, dan optimasi. Oleh karena itu, pembelajaran Matematika Diskrit perlu dirancang agar mahasiswa tidak hanya memahami definisi dan prosedur matematis, tetapi juga mampu menerapkan konsep tersebut untuk menyelesaikan permasalahan kontekstual.

Salah satu materi penting dalam Matematika Diskrit adalah teori Graf. Graf merupakan struktur matematis yang merepresentasikan hubungan antarsimpul melalui sisi-sisi yang menghubungkannya. Menurut Rosen (2019), konsep graf memiliki berbagai penerapan dalam ilmu komputer dan bidang terkait, antara lain representasi jaringan, penentuan lintasan, serta pemodelan hubungan antarelemen dalam suatu sistem. Dalam pembelajaran mahasiswa Ilmu Komputer, materi Graf dapat dikaitkan dengan persoalan penentuan lintasan terpendek, representasi jaringan komputer, pencarian jalur yang efisien, dan penentuan pohon rentang minimum. Penguasaan materi ini memerlukan kemampuan mengubah persoalan nyata menjadi model matematis, menentukan representasi graf yang sesuai, memilih algoritma penyelesaian, serta memeriksa kebenaran hasil berdasarkan karakteristik permasalahan.

Meskipun memiliki relevansi aplikatif yang tinggi, pembelajaran teori Graf menuntut mahasiswa untuk mengintegrasikan pemahaman konseptual, kemampuan visualisasi, penalaran matematis, dan keterampilan algoritmik. Mahasiswa dapat menghadapi kesulitan ketika harus menerjemahkan deskripsi permasalahan ke dalam simpul dan sisi, menentukan hubungan antarsimpul, memilih algoritma yang tepat, atau memastikan bahwa solusi yang diperoleh memenuhi seluruh ketentuan masalah. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pembelajaran Graf tidak cukup diukur berdasarkan kemampuan mahasiswa mengingat definisi dan rumus, tetapi juga perlu dilihat dari proses mereka dalam memahami, merencanakan, menyelesaikan, dan memverifikasi suatu masalah. Dengan demikian, analisis kemampuan pemecahan masalah diperlukan untuk mengidentifikasi aspek yang telah dikuasai mahasiswa serta tahapan penyelesaian yang masih memerlukan penguatan.

Salah satu alternatif pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengembangkan kemampuan tersebut adalah *Problem Based Learning* (PBL). Model PBL menempatkan masalah sebagai titik awal pembelajaran dan mendorong mahasiswa untuk melakukan penyelidikan, berdiskusi, mengembangkan alternatif penyelesaian, serta mempresentasikan hasil pemikirannya. Melalui pendekatan ini, mahasiswa memperoleh kesempatan untuk menghubungkan konsep teoretis dengan situasi yang relevan dengan bidang keilmuannya. Hudha et al. (2023), melalui kajian sistematis terhadap penelitian mengenai PBL dan keterampilan pemecahan

masalah, menunjukkan bahwa PBL secara umum berpotensi meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, meskipun hasil penerapannya dapat bervariasi menurut konteks dan pelaksanaan pembelajaran. Temuan tersebut memperkuat relevansi penggunaan masalah kontekstual sebagai bagian dari pembelajaran Matematika Diskrit, khususnya pada materi Graf yang memiliki keterkaitan erat dengan persoalan komputasional.

Namun, penerapan PBL dalam pembelajaran mahasiswa perlu mempertimbangkan karakteristik mahasiswa sebagai pembelajar dewasa. Mahasiswa perguruan tinggi pada umumnya memiliki pengalaman belajar sebelumnya, kebutuhan untuk mengembangkan kemandirian, serta orientasi belajar yang semakin berkaitan dengan pemecahan persoalan nyata. Dalam hal ini, pendekatan andragogi dapat menjadi landasan untuk merancang pembelajaran yang memberikan ruang bagi mahasiswa untuk mengarahkan proses belajarnya, memanfaatkan pengalaman yang dimiliki, menentukan strategi penyelesaian, dan melakukan refleksi terhadap hasil pekerjaannya. Knowles, Holton, dan Swanson (2015) menjelaskan bahwa pembelajaran orang dewasa menekankan konsep diri yang mandiri, pengalaman sebagai sumber belajar, kesiapan belajar, orientasi terhadap pemecahan masalah, dan motivasi belajar. Prinsip-prinsip tersebut relevan untuk diterapkan dalam pembelajaran Matematika Diskrit yang membutuhkan keterlibatan aktif dan tanggung jawab mahasiswa terhadap proses penyelesaian masalah.

Integrasi pendekatan andragogi dengan PBL berpotensi menciptakan proses pembelajaran yang tidak hanya berpusat pada penyampaian materi oleh dosen, tetapi juga memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk membangun pemahamannya melalui investigasi permasalahan. Dalam pembelajaran Graf, dosen dapat menyajikan kasus jaringan komputer atau penentuan lintasan terpendek sebagai permasalahan awal. Mahasiswa selanjutnya diarahkan untuk mengidentifikasi informasi yang diketahui dan ditanyakan, membangun model graf, memilih strategi atau algoritma yang sesuai, melaksanakan penyelesaian, serta memeriksa kembali hasilnya. Dosen berperan sebagai fasilitator yang memberikan arahan sesuai kebutuhan, sedangkan mahasiswa didorong untuk mengembangkan kemandirian, bekerja sama, dan mempertanggungjawabkan strategi penyelesaian yang dipilih. Dengan demikian, integrasi kedua pendekatan tersebut diharapkan dapat mendukung pengembangan kemampuan pemecahan masalah sekaligus membangun kebiasaan belajar yang lebih reflektif.

Sejumlah kajian mengenai PBL telah membahas potensinya dalam mendukung keterampilan pemecahan masalah. Hudha et al. (2023), misalnya, mengkaji hubungan PBL dengan keterampilan pemecahan masalah melalui pendekatan tinjauan literatur sistematis. Meskipun demikian, penerapan pembelajaran tetap perlu dikaji berdasarkan karakteristik materi, program studi, dan subjek penelitian yang spesifik. Dalam konteks penelitian ini, persoalan yang menjadi perhatian bukan hanya apakah mahasiswa dapat menyelesaikan soal Graf, tetapi juga bagaimana kemampuan mereka berkembang pada setiap tahapan pemecahan masalah ketika pembelajaran dirancang dengan mengintegrasikan prinsip andragogi dan PBL. Fokus tersebut penting karena mahasiswa mungkin menunjukkan perkembangan yang berbeda antara kemampuan memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan strategi, dan memeriksa kembali hasilnya.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan kajian empiris mengenai kemampuan pemecahan masalah mahasiswa Program Studi S1 Ilmu Komputer Universitas Pat Petulai dalam pembelajaran Matematika Diskrit pada materi Graf melalui integrasi pendekatan andragogi dan PBL. Penelitian ini diarahkan untuk menganalisis perubahan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa sebelum dan sesudah penerapan pembelajaran, mengidentifikasi perkembangan kemampuan berdasarkan empat indikator pemecahan masalah Polya, serta mendeskripsikan tingkat kemampuan mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai capaian dan aspek kemampuan pemecahan masalah yang masih perlu diperkuat, sekaligus menjadi bahan pertimbangan bagi dosen dalam mengembangkan

- 1125 *Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah dalam Pembelajaran Matematika Diskrit pada Materi Graf dengan Pendekatan Andragogi dan Problem Based Learning Mahasiswa - Fahkrullah I Tama Umar, Nailul Yuni Permataputri*
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v8i5.9452>

pembelajaran Matematika Diskrit yang kontekstual, berpusat pada mahasiswa, dan relevan dengan kebutuhan kompetensi mahasiswa Ilmu Komputer.

Dengan demikian, penelitian berjudul “Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah dalam Pembelajaran Matematika Diskrit pada Materi Graf dengan Pendekatan Andragogi dan Problem Based Learning Mahasiswa Universitas Pat Petulai” penting dilakukan untuk memperoleh gambaran empiris mengenai kemampuan pemecahan masalah mahasiswa dalam konteks pembelajaran tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi pembelajaran Matematika Diskrit, terutama dalam mendorong kemampuan analitis, kemandirian belajar, dan ketepatan mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan berbasis graf.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif pra-eksperimental dengan desain *One-Group Pretest-Posttest Design*.

Subjek Penelitian & Prosedur

Subjek penelitian adalah seluruh mahasiswa kelas reguler Program Studi S1 Ilmu Komputer Universitas Pat Petulai sebanyak 28 orang ($N = 28$). Perlakuan (*treatment*) dilaksanakan sebanyak 4 kali pertemuan dengan menerapkan sintaks PBL yang diintegrasikan dengan prinsip Andragogi.

Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Sebelum instrumen tes kemampuan pemecahan masalah (5 soal uraian berbasis materi Graf) digunakan untuk pengumpulan data pretes dan postes, dilakukan uji coba instrumen (*try-out*) pada kelompok mahasiswa di luar subjek penelitian namun memiliki karakteristik setara ($N = 20$).

Uji Validitas Butir Soal (*Product Moment Pearson*)

Validitas korelasi r_{hitung} dibandingkan dengan nilai r_{tabel} pada $\alpha = 0,05$ dan $df = 20 - 2 = 18$ ($r_{tabel} = 0,444$).

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Tabel 1. Hasil Uji Validitas Butir Soal

Nomor Soal	Indikator Polya	Nilai r hitung	Nilai r tabel	Keterangan
Soal 1	Memahami Masalah (M1)	0,682	0,444	Valid
Soal 2	Merencanakan Penyelesaian (M2)	0,715	0,444	Valid
Soal 3	Menyelesaikan Masalah (M3)	0,654	0,444	Valid
Soal 4	Menyelesaikan Masalah (M3)	0,589	0,444	Valid
Soal 5	Memeriksa Kembali (M4)	0,601	0,444	Valid

Uji Reliabilitas (*Cronbach's Alpha*)

Pengujian konsistensi internal instrumen menggunakan rumus *Cronbach's Alpha*:

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right)$$

Hasil perhitungan menghasilkan koefisien reliabilitas sebesar $\alpha = 0,836$. Karena $\alpha > 0,70$, seluruh butir tes dinyatakan sangat handal/reliable untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah mahasiswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Hasil

Statistik Deskriptif dan Uji Normalitas

Hasil evaluasi pretes dan postes dari 28 mahasiswa menunjukkan pergeseran skor yang cukup signifikan. Uji normalitas *Shapiro-Wilk* dilakukan sebagai syarat uji parametrik.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Pretes dan Postes

Statistik Deskriptif	Pretes	Postes
Jumlah Mahasiswa (<i>N</i>)	28	28
Rata-Rata ($\bar{X}$)	48,21	81,43
Deviasi Standar (<i>SD</i>)	9,14	7,82
Skor Minimum	32,00	65,00
Skor Maksimum	65,00	95,00
Nilai <i>p</i> Shapiro-Wilk	0,412 (Normal)	0,285 (Normal)

Catatan: Data berdistribusi normal ($p > 0,05$), sehingga analisis dilanjutkan dengan uji-*t* berpasangan.

Uji Hipotesis (*Paired Sample t-test*) dan N-Gain

Untuk menguji signifikansi perbedaan rerata sebelum dan sesudah perlakuan, dilakukan Uji *Paired Sample t-test* pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$

Nilai *t*-hitung: 21,84

Degrees of Freedom (*df*): 27

t-tabel ($\alpha = 0,05$): 2,052

p-value (2-tailed): $< 0,001$

Karena *t*-hitung (21,84) $>$ *t*-tabel (2,052) dan $p < 0,001$, dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan kemampuan pemecahan masalah yang signifikan setelah diterapkannya pendekatan Andragogi dan PBL.

Perhitungan peningkatan efektivitas menggunakan *Normalized Gain* (N-Gain):

$$N\text{-Gain} = \frac{\text{Skor Postes} - \text{Skor Pretes}}{\text{Skor Maksimal} - \text{Skor Pretes}} = \frac{81,43 - 48,21}{100 - 48,21} = 0,64$$

Nilai N-Gain = 0,64 berada pada kriteria **Sedang (Mendekati Tinggi)**.

Distribusi Kategorisasi Kemampuan Mahasiswa

Berdasarkan pencapaian postes, tingkat kemampuan pemecahan masalah mahasiswa dikelompokkan menjadi tiga kategori:

Tabel 3. Kategorisasi Kemampuan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Kategori Nilai	Rentang Skor	Jumlah Mahasiswa (N=28)	Persentase (%)
Tinggi	≥ 80	18	64,29%
Sedang	65 – 79	10	35,71%
Rendah	< 65	0	0,00%

Analisis Ketercapaian Indikator Polya

Rerata persentase ketercapaian pada masing-masing indikator pemecahan masalah Polya mengalami peningkatan di setiap tahapnya:

M1 (Memahami Masalah): Pretes 62% → Postes 92% (+30%)

M2 (Merencanakan Penyelesaian): Pretes 45% → Postes 84% (+39%)

M3 (Menyelesaikan Masalah): Pretes 48% → Postes 78% (+30%)

M4 (Memeriksa Kembali): Pretes 38% → Postes 72% (+34%)

Peningkatan skor rata-rata mahasiswa dari 48,21 menjadi 81,43 mengindikasikan bahwa sinergi antara Andragogi dan PBL sangat akomodatif untuk mahasiswa rumpun Ilmu Komputer. Pada materi Graf, masalah yang disajikan tidak lagi bersifat teoritis abstrak, melainkan dihubungkan langsung dengan persoalan nyata seperti penentuan rute jaringan LAN dan pohon rentang minimum (*minimum spanning tree*).

Peningkatan terbesar terjadi pada indikator Merencanakan Penyelesaian (M2) sebesar 39%. Prinsip andragogi menempatkan mahasiswa sebagai subjek dewasa yang memiliki kemandirian dalam memilih algoritma atau struktur Graf yang tepat. Diskusi berbasis masalah memicu terjadinya konstruksi pengetahuan secara mandiri tanpa tergantung penuh pada instruksi pengajar.

Meskipun demikian, indikator Memeriksa Kembali (M4) mencatatkan skor postes paling rendah (72%). Hal ini disebabkan oleh kebiasaan mahasiswa yang cenderung menghentikan proses pemecahan masalah setelah mendapatkan solusi numerik atau algoritma awal, tanpa melakukan verifikasi ulang terhadap batasan masukan (*input constraints*) pada Graf.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran Matematika Diskrit pada materi Graf melalui integrasi pendekatan andragogi dan Problem Based Learning (PBL) berkaitan dengan peningkatan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa. Secara deskriptif, rata-rata skor meningkat dari 48,21 pada pretes menjadi 81,43 pada postes. Hasil uji-t berpasangan yang tercantum pada abstrak penelitian, yaitu $t(27) = 21,84$ dengan $p < 0,001$, menunjukkan bahwa perbedaan tersebut secara statistik sangat signifikan. Nilai N-Gain sebesar 0,64 menempatkan peningkatan pada kategori sedang yang mendekati tinggi. Temuan ini perlu dimaknai bukan sekadar sebagai kenaikan skor, melainkan sebagai indikasi bahwa desain pembelajaran yang menempatkan masalah kontekstual sebagai titik awal, memberi ruang pengambilan keputusan kepada mahasiswa, dan mengarahkan mahasiswa untuk merefleksikan proses penyelesaian dapat memperkuat kualitas proses berpikir matematis. Pada konteks mahasiswa Ilmu Komputer, karakteristik tersebut penting karena penyelesaian masalah Graf menuntut mahasiswa bergerak dari representasi situasi nyata menuju abstraksi matematis, kemudian memilih prosedur atau algoritma yang relevan dan menilai kembali kelayakan solusi yang diperoleh.

Temuan tersebut sejalan dengan bukti empiris yang lebih luas mengenai efektivitas PBL dalam pembelajaran matematika. Meta-analisis Sutisna et al. (2023) terhadap penelitian PBL dan kemampuan pemecahan masalah matematis melaporkan effect size gabungan sebesar 0,930 dan menunjukkan bahwa pengaruh PBL juga tampak pada jenjang perguruan tinggi. Salsabila dan Asih (2024) juga menemukan pengaruh positif PBL terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis dengan effect size yang besar. Pada konteks pendidikan tinggi secara lebih umum, Erdem et al. (2026) melalui second-order meta-analysis menyimpulkan bahwa PBL memberikan dampak signifikan terhadap berbagai luaran mahasiswa, termasuk berpikir kritis, pengetahuan teoretis, keterampilan, sikap, dan kepuasan belajar. Dengan demikian, peningkatan skor pada penelitian ini konsisten dengan kecenderungan temuan terdahulu bahwa PBL efektif ketika mahasiswa terlibat aktif dalam menganalisis masalah, membangun pengetahuan yang dibutuhkan, menguji alternatif penyelesaian, dan mempertanggungjawabkan hasilnya.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini tidak dapat ditafsirkan bahwa PBL secara otomatis selalu menghasilkan peningkatan yang sama pada setiap konteks. Manuaba et al. (2022), misalnya, melalui meta-analisis pada mahasiswa kedokteran tahun pertama tidak menemukan perbedaan yang signifikan antara PBL dan pembelajaran konvensional pada aspek berpikir kritis, pemecahan masalah, dan self-directed learning. Thorndahl dan Stentoft (2020) juga menegaskan bahwa hubungan antara PBL dan berpikir kritis dalam pendidikan tinggi sering diasumsikan, tetapi mekanisme teoretis dan implementasinya tidak selalu dijelaskan secara memadai. Kontras ini penting karena memperlihatkan bahwa keberhasilan PBL dipengaruhi oleh kualitas masalah, durasi intervensi, karakteristik peserta, bentuk fasilitasi, ukuran kelompok, dan kesesuaian asesmen. Liu dan Pásztor (2022) menunjukkan bahwa pengaruh PBL terhadap berpikir kritis di pendidikan tinggi secara umum kuat, tetapi heterogenitas antarpelitian tinggi. Oleh sebab itu, peningkatan pada penelitian ini lebih tepat dimaknai sebagai hasil dari konfigurasi pembelajaran tertentu, yakni PBL yang dipadukan dengan prinsip andragogi dan diterapkan pada materi Graf yang secara alami kaya akan masalah autentik dan representasi visual-algoritmik.

Dari perspektif andragogi, peningkatan tersebut dapat dijelaskan melalui posisi mahasiswa sebagai pembelajar dewasa yang memiliki pengalaman sebelumnya, kebutuhan akan relevansi, orientasi pada pemecahan masalah, serta kecenderungan menuju kemandirian belajar. Knowles et al. (2020) menempatkan konsep diri, pengalaman, kesiapan belajar, orientasi *problem-centered*, dan motivasi sebagai unsur penting pembelajaran orang dewasa. Merriam dan Baumgartner (2020) menegaskan bahwa pembelajaran orang dewasa menjadi lebih bermakna ketika pengetahuan baru dihubungkan dengan pengalaman dan kebutuhan nyata pembelajar. Dalam penelitian ini, persoalan Graf seperti jaringan komputer, lintasan, konektivitas, dan minimum *spanning tree* memiliki kedekatan langsung dengan bidang Ilmu Komputer. Kedekatan tersebut memberi alasan yang jelas bagi mahasiswa tentang mengapa konsep Graf perlu dipelajari. Dengan demikian, integrasi andragogi berpotensi mengurangi kesan bahwa Matematika Diskrit hanyalah kumpulan simbol dan prosedur, lalu menggesernya menjadi perangkat analitis untuk memecahkan persoalan komputasional.

Interpretasi tersebut juga memperoleh dukungan dari kajian St. Clair dan K  pplinger (2021), yang menunjukkan bahwa andragogi tetap memiliki relevansi sebagai kerangka untuk memahami pembelajaran orang dewasa, tetapi memerlukan penguatan empiris dan kontekstual. Meade (2024) memperlihatkan bahwa model pembelajaran berbasis andragogi pada pendidikan tinggi dapat dikaitkan dengan pengembangan *self-efficacy*, meskipun tidak semua perbandingan antarmetode menghasilkan interaksi yang signifikan. Artinya, andragogi sebaiknya tidak diposisikan sebagai teknik tunggal yang menjamin hasil belajar, tetapi sebagai seperangkat prinsip untuk merancang lingkungan belajar. Dalam penelitian ini, prinsip tersebut diwujudkan melalui kesempatan memilih strategi, berdiskusi, menggunakan pengalaman sebelumnya, menyelesaikan kasus yang relevan, serta merefleksikan hasil. PBL menyediakan struktur aktivitas, sedangkan andragogi memberi dasar mengapa mahasiswa perlu memperoleh otonomi dan tanggung jawab lebih besar. Sinergi keduanya menjadi salah satu penjelasan teoritis mengapa peningkatan kemampuan pemecahan masalah dapat terjadi.

Peningkatan pada indikator memahami masalah (M1) dapat dimaknai sebagai perkembangan kemampuan mahasiswa dalam mengidentifikasi informasi yang diketahui, tujuan yang harus dicapai, batasan masalah, serta hubungan antarelemen dalam kasus Graf. Tahap ini sangat penting karena kesalahan representasi pada awal penyelesaian akan memengaruhi seluruh proses berikutnya. Dalam teori Graf, mahasiswa perlu menentukan objek apa yang diperlakukan sebagai simpul, hubungan apa yang direpresentasikan sebagai sisi, apakah graf berarah atau tidak berarah, apakah sisi memiliki bobot, dan informasi apa yang relevan terhadap tujuan. Lestari dan Yudhanegara (2024) menunjukkan bahwa pembelajaran Graf menuntut keterampilan investigasi matematis yang melibatkan imajinasi, intuisi, eksplorasi sistematis, pembentukan dugaan, dan penalaran. Karena itu, peningkatan pada M1 menunjukkan bahwa

mahasiswa semakin mampu melakukan proses abstraksi awal yang menjembatani bahasa kontekstual dengan struktur matematis.

Temuan M1 juga dapat dibandingkan dengan Wahab et al. (2024), yang melalui *systematic literature review* berbasis kerangka Polya menemukan bahwa kesulitan pada tahap memahami masalah sering berkaitan dengan literasi, konsentrasi, miskonsepsi, komunikasi matematis, dan kelemahan penalaran. Jika dalam penelitian ini kemampuan memahami masalah meningkat setelah perlakuan, salah satu maknanya adalah bahwa penyajian masalah kontekstual dan diskusi PBL membantu mahasiswa mengeksternalisasi informasi yang mereka pahami sebelum masuk ke tahap algoritmik. Proses bertanya, menjelaskan kembali masalah dengan bahasa sendiri, membuat representasi Graf, dan membandingkan representasi antarkelompok dapat berfungsi sebagai mekanisme koreksi awal. Hal ini penting bagi mahasiswa Ilmu Komputer karena pemodelan masalah komputasional pada dasarnya memerlukan ketepatan dalam menentukan input, hubungan, tujuan, dan constraint sebelum algoritma dijalankan.

Peningkatan yang kuat pada indikator merencanakan penyelesaian (M2) memiliki makna yang lebih spesifik. Pada tahap ini mahasiswa tidak lagi hanya mengenali unsur masalah, tetapi harus menentukan strategi yang mungkin digunakan. Dalam konteks Graf, perencanaan dapat berupa keputusan memilih representasi *adjacency list* atau *adjacency matrix*, menentukan apakah persoalan lebih sesuai diselesaikan dengan pencarian lintasan, *spanning tree*, pewarnaan, atau prosedur lain, serta menetapkan urutan langkah yang logis. PBL mendukung proses tersebut karena mahasiswa dihadapkan pada masalah sebelum menerima seluruh prosedur secara langsung. Mereka perlu mengaktifkan pengetahuan awal, mencari informasi yang belum tersedia, dan menilai alternatif. Putri et al. (2024) menunjukkan bahwa implementasi PBL dalam matematika mendorong keterlibatan aktif baik secara mandiri maupun kolaboratif, sementara guru berperan sebagai fasilitator dan pemberi *scaffolding*. Struktur seperti ini selaras dengan kebutuhan pada tahap perencanaan Polya.

Pada materi Graf, perencanaan penyelesaian juga terkait erat dengan kemampuan melihat struktur, bukan sekadar melakukan perhitungan. González et al. (2022) menekankan bahwa penalaran dalam teori Graf melibatkan pengenalan, penggunaan dan perumusan definisi, klasifikasi, serta pembuktian. Wulandari et al. (2023) menemukan bahwa *problem-based scaffolding* membantu mahasiswa calon guru yang mengalami kesulitan dalam memahami teori Graf, khususnya melalui *questioning*, *prompting*, *cueing*, dan *direct explanation*. Temuan tersebut mendukung interpretasi bahwa peningkatan kemampuan merencanakan pada penelitian ini dapat muncul karena mahasiswa tidak langsung diberi satu algoritma baku, tetapi memperoleh kesempatan untuk membangun strategi, memperoleh bantuan seperlunya, dan merevisi rencana. Dalam kerangka andragogi, ruang untuk memilih strategi juga memperkuat sense of ownership terhadap proses belajar.

Indikator melaksanakan penyelesaian (M3) menggambarkan kemampuan mahasiswa menjalankan rencana secara konsisten, menggunakan definisi dan algoritma dengan tepat, melakukan perhitungan, serta menjaga hubungan antara prosedur dan tujuan masalah. Pada tahap ini, pemahaman konseptual harus berinteraksi dengan ketelitian prosedural. Medová et al. (2019) menunjukkan bahwa penyelesaian masalah pemodelan pada *algorithmic graph theory* oleh mahasiswa sarjana menuntut koordinasi antara pemodelan, algoritma, dan interpretasi. Uyangör (2019) juga memperlihatkan bahwa teori Graf dapat digunakan untuk mendukung proses berpikir matematis karena masalah-masalah Graf memungkinkan penggunaan konsep dan metode matematika dalam proses pemecahan masalah. Dengan demikian, peningkatan M3 pada penelitian ini dapat dimaknai sebagai pergeseran dari kemampuan mengetahui algoritma menuju kemampuan menggunakan algoritma sebagai alat untuk menyelesaikan kasus.

Namun, keberhasilan menjalankan prosedur tidak identik dengan pemahaman yang mendalam. Zulkarnaen dan Aziza (2025) menunjukkan masih adanya kesenjangan struktural dalam argumentasi

matematis mahasiswa pada teori Graf. Mahasiswa dapat menghasilkan jawaban, tetapi belum tentu mampu memberikan alasan yang cukup untuk mendukung langkah dan kesimpulannya. Temuan tersebut penting sebagai pembanding karena menunjukkan bahwa postes yang tinggi perlu dibaca bersama kualitas argumentasi. Dalam pengembangan pembelajaran berikutnya, asesmen M3 sebaiknya tidak hanya memberi skor pada hasil algoritmik, tetapi juga menilai alasan pemilihan algoritma, justifikasi setiap langkah, dan keterkaitan hasil dengan sifat Graf. Pendekatan ini akan membuat kemampuan pemecahan masalah lebih dekat dengan praktik komputasional yang sesungguhnya, ketika mahasiswa harus mampu menjelaskan mengapa suatu solusi benar dan sesuai dengan constraint.

Indikator memeriksa kembali (M4) menjadi aspek yang paling penting untuk dicermati karena naskah penelitian menunjukkan bahwa skor postes pada tahap ini merupakan yang paling rendah dibandingkan indikator lain. Pola tersebut konsisten dengan berbagai penelitian berbasis tahapan Polya. Lutfiya et al. (2021), misalnya, menemukan bahwa kemampuan memeriksa kembali atau menyimpulkan merupakan tahap dengan capaian terendah dalam analisis pemecahan masalah matematis. Wahab et al. (2024) juga melaporkan bahwa pada tahap looking back, peserta didik sering mengalami masalah berupa evaluasi yang tidak memadai, kesalahan interpretasi hasil, dan kurangnya ketelitian. Dengan demikian, rendahnya M4 dalam penelitian ini bukan fenomena yang berdiri sendiri, tetapi mencerminkan kecenderungan umum bahwa pembelajar lebih terbiasa mengejar jawaban daripada mengevaluasi kualitas jawaban.

Dalam konteks Ilmu Komputer, kelemahan pada M4 memiliki implikasi yang sangat penting. Memeriksa kembali pada teori Graf dapat dianalogikan dengan verification dan validation dalam penyelesaian masalah komputasional. Mahasiswa perlu memeriksa apakah semua simpul dan sisi telah direpresentasikan dengan benar, apakah bobot atau arah sisi telah diperlakukan sesuai definisi, apakah algoritma memenuhi prasyarat, apakah solusi benar untuk kasus batas, dan apakah hasil masuk akal terhadap konteks. Kebiasaan menghentikan pekerjaan segera setelah memperoleh keluaran numerik atau lintasan tertentu dapat menghasilkan solusi yang secara prosedural tampak benar tetapi gagal pada constraint. Karena itu, tahap looking back perlu dijadikan aktivitas eksplisit, misalnya melalui checklist verifikasi, peer review, pengujian kasus alternatif, pembuktian singkat, atau kewajiban menuliskan alasan mengapa solusi dianggap valid.

Hasil kategorisasi postes yang menempatkan 18 mahasiswa pada kategori tinggi, 10 mahasiswa pada kategori sedang, dan tidak ada mahasiswa pada kategori rendah menunjukkan bahwa manfaat pembelajaran tidak hanya tampak pada rata-rata kelas, tetapi juga pada distribusi kemampuan. Sebanyak 64,29% mahasiswa berada pada kategori tinggi dan 35,71% berada pada kategori sedang. Tidak adanya mahasiswa pada kategori rendah setelah perlakuan merupakan indikasi positif bahwa desain pembelajaran dapat memberikan dukungan kepada mahasiswa dengan tingkat kemampuan awal yang berbeda. Akan tetapi, distribusi ini juga menunjukkan bahwa lebih dari sepertiga mahasiswa masih berada pada kategori sedang. Artinya, pembelajaran belum dapat dianggap optimal bagi seluruh mahasiswa dan masih diperlukan diferensiasi dukungan, terutama bagi mahasiswa yang lemah pada representasi masalah, pemilihan algoritma, dan verifikasi solusi.

Peran scaffolding menjadi relevan untuk menjelaskan variasi tersebut. Wulandari et al. (2023) menunjukkan bahwa scaffolding berbasis masalah pada teori Graf dapat membantu pembelajar yang mengalami kesulitan, sedangkan Cahyono et al. (2021) menemukan bahwa PBL yang didukung argument scaffolding berpengaruh terhadap berpikir kritis calon guru. Pada kelas yang heterogen, fasilitasi tidak seharusnya diberikan dalam kadar yang sama kepada semua mahasiswa. Mahasiswa yang telah mampu membangun model Graf dapat diarahkan pada pembuktian atau optimasi, sedangkan mahasiswa yang masih kesulitan dapat dibantu melalui pertanyaan penuntun. Prinsip ini juga sejalan dengan andragogi: otonomi bukan berarti dosen menarik seluruh dukungan, tetapi memberikan bantuan secara proporsional agar mahasiswa secara bertahap mampu mengelola proses belajarnya sendiri.

- 1131 *Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah dalam Pembelajaran Matematika Diskrit pada Materi Graf dengan Pendekatan Andragogi dan Problem Based Learning Mahasiswa - Fahkrullah I Tama Umar, Nailul Yuni Permataputri*
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v8i5.9452>

Nilai N-Gain 0,64 yang berada pada kategori sedang mendekati tinggi juga perlu diinterpretasikan secara hati-hati. Nilai tersebut menunjukkan adanya peningkatan yang substansial, tetapi masih terdapat ruang peningkatan menuju penguasaan yang lebih tinggi. Hasil ini sejalan dengan meta-analisis yang menunjukkan bahwa besarnya efek PBL bervariasi menurut konteks. Sutisna et al. (2023) melaporkan variasi effect size berdasarkan jenjang dan ukuran sampel; Liu dan Pásztor (2022) menunjukkan adanya moderator seperti karakteristik peserta, jenis instruksi, durasi, dan ukuran kelompok; sedangkan Erdem et al. (2026) menunjukkan bahwa tipe luaran, lokasi, kualitas penelitian, dan karakteristik metodologis turut memengaruhi efek PBL. Oleh karena itu, N-Gain penelitian ini tidak seharusnya digunakan untuk menyimpulkan bahwa satu model pasti menghasilkan efek seragam, melainkan sebagai bukti lokal bahwa integrasi yang digunakan cukup efektif pada kelompok mahasiswa yang diteliti.

Dari sisi kemandirian belajar, integrasi andragogi dan PBL secara teoritis memberi lingkungan yang kondusif bagi self-directed learning. PBL meminta mahasiswa mengidentifikasi apa yang sudah diketahui, apa yang belum diketahui, sumber apa yang diperlukan, dan bagaimana informasi digunakan untuk menyelesaikan masalah. Proses tersebut beririsan langsung dengan prinsip pembelajaran orang dewasa. Studi pada pendidikan tinggi menunjukkan bahwa self-directed learning dapat diperkuat ketika mahasiswa tidak hanya diberi kebebasan, tetapi juga menerima struktur dan umpan balik yang membantu mereka mengembangkan strategi belajar. Aulakh et al. (2025) melalui systematic review dan meta-analysis membahas efektivitas self-directed learning dibanding pembelajaran didaktik dan menempatkan SDL sebagai bagian penting dari pembentukan pembelajar sepanjang hayat. Dalam penelitian ini, aktivitas PBL yang dipadukan dengan prinsip andragogi dapat dimaknai sebagai latihan bagi mahasiswa untuk mengambil tanggung jawab lebih besar terhadap proses analisis dan penyelesaian.

Walaupun demikian, hubungan antara kemandirian dan hasil belajar tidak boleh diasumsikan tanpa pengukuran yang memadai. Naskah penelitian menyebutkan penggunaan angket kemandirian belajar, tetapi bagian hasil yang tersedia belum menyajikan statistik rinci angket tersebut. Karena itu, klaim bahwa pembelajaran 'mendorong kemandirian belajar' sebaiknya didukung dalam versi final artikel dengan data deskriptif, reliabilitas skala, perubahan skor, atau analisis hubungan antara kemandirian belajar dan kemampuan pemecahan masalah. Penguatan ini penting agar interpretasi andragogi tidak hanya bersifat konseptual. Jika data angket tersedia, peneliti dapat menambahkan korelasi antara skor kemandirian dengan N-Gain atau postes, sehingga mekanisme yang diduga menghubungkan andragogi dengan kemampuan pemecahan masalah memperoleh dukungan empiris yang lebih kuat.

Kontekstualisasi masalah Graf dengan jaringan komputer, rute, dan minimum spanning tree merupakan salah satu kekuatan desain pembelajaran. Rosen (2019) menjelaskan bahwa teori Graf memiliki aplikasi luas dalam jaringan, lintasan, optimasi, dan struktur diskrit yang menjadi dasar berbagai persoalan komputasi. Johnsonbaugh (2017) dan Epp (2019) juga menempatkan Graf sebagai bagian penting dari Matematika Diskrit karena melatih mahasiswa menggunakan definisi, struktur, pembuktian, dan algoritma. Ketika kasus pembelajaran dekat dengan domain keilmuan mahasiswa, masalah tidak lagi dipersepsi sebagai latihan simbolik semata. Relevansi tersebut sesuai dengan prinsip andragogi bahwa pembelajar dewasa cenderung lebih siap belajar ketika materi memiliki kegunaan yang dapat dikenali. Dengan demikian, konteks komputasional bukan sekadar pemanis soal, tetapi menjadi jembatan epistemik antara konsep matematika dan praktik Ilmu Komputer.

Temuan penelitian juga dapat dipahami melalui teori keterlibatan kognitif. PBL mengharuskan mahasiswa membangun representasi, mendiskusikan strategi, membandingkan alternatif, dan mengomunikasikan alasan. Aktivitas tersebut meningkatkan kemungkinan terjadinya elaborasi pengetahuan dibanding pembelajaran yang hanya meminta mahasiswa mengikuti contoh prosedural. Doz et al. (2024) menemukan bahwa pendekatan problem-based dalam pembelajaran matematika berdampak positif pada

capaian dan pemecahan masalah. Rahayu et al. (2024) pada mahasiswa juga menunjukkan bahwa model PBL yang dipadukan dengan kerangka APOS menghasilkan kemampuan pemecahan masalah yang lebih baik dibanding pembelajaran langsung. Walaupun konteks dan desain penelitian berbeda, kedua temuan tersebut memperkuat gagasan bahwa manfaat PBL muncul ketika mahasiswa diminta mengonstruksi dan mengoordinasikan objek matematis, bukan sekadar mereplikasi prosedur.

Aspek kolaboratif dalam PBL juga dapat menjelaskan peningkatan kemampuan. Diskusi kelompok memungkinkan mahasiswa menguji representasi Graf, menemukan inkonsistensi, membandingkan algoritma, dan memperoleh umpan balik dari teman sebaya. Dalam situasi seperti ini, kesalahan dapat menjadi sumber belajar karena mahasiswa harus menjelaskan mengapa suatu sisi, bobot, lintasan, atau algoritma dipilih. Namun, kolaborasi perlu dirancang agar tidak menimbulkan dominasi mahasiswa tertentu. Dosen dapat membagi peran, meminta setiap mahasiswa menuliskan solusi individual sebelum diskusi, atau menggunakan presentasi acak untuk memastikan tanggung jawab individual. Ssemugenyi (2023) menekankan perbedaan karakteristik PBL dan metode ceramah dalam pengembangan kemampuan kognitif, terutama karena PBL lebih menempatkan pembelajar sebagai aktor aktif. Dengan demikian, kualitas interaksi kelompok merupakan salah satu faktor yang perlu dijaga agar PBL benar-benar mendukung kemampuan setiap mahasiswa.

Hasil penelitian ini juga relevan dengan pengembangan computational thinking. Teori Graf menyediakan ruang alami untuk dekomposisi masalah, abstraksi, pengenalan pola, representasi, dan perancangan algoritma. Kajian Nuraeni et al. (2026) menunjukkan meningkatnya perhatian penelitian terhadap integrasi PBL dan computational thinking dalam pembelajaran matematika. Pada mahasiswa Ilmu Komputer, hubungan ini menjadi lebih langsung: ketika mahasiswa memodelkan jaringan menjadi Graf, memilih struktur data, dan menentukan prosedur penyelesaian, mereka sekaligus berlatih berpikir komputasional. Oleh sebab itu, peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis dalam penelitian ini dapat memiliki implikasi lintas mata kuliah, khususnya Algoritma dan Pemrograman, Struktur Data, Jaringan Komputer, Riset Operasi, dan kecerdasan buatan yang menggunakan representasi Graf.

Namun, generalisasi temuan penelitian perlu dibatasi oleh desain one-group pretest-posttest. Tanpa kelompok kontrol, peningkatan skor belum dapat sepenuhnya diatribusikan hanya kepada integrasi andragogi dan PBL karena masih mungkin dipengaruhi oleh maturasi, familiaritas terhadap bentuk tes, pengalaman belajar lain, atau faktor sejarah selama intervensi. Temuan meta-analitik yang positif terhadap PBL tidak menghilangkan keterbatasan internal penelitian ini. Justru, hasil Manuaba et al. (2022) yang tidak menemukan keunggulan signifikan PBL pada konteks tertentu menunjukkan pentingnya desain pembandingan. Penelitian berikutnya disarankan menggunakan quasi-experimental design dengan kelompok kontrol, melakukan matching kemampuan awal, atau menerapkan randomized controlled trial apabila memungkinkan. Dengan desain tersebut, kontribusi spesifik integrasi andragogi-PBL dapat dipisahkan dengan lebih kuat dari efek pembelajaran umum.

Ukuran sampel 28 mahasiswa juga membatasi ketepatan estimasi dan daya generalisasi. Sampel berasal dari satu kelas dan satu program studi pada satu perguruan tinggi, sehingga karakteristik institusi, pengalaman dosen, budaya kelas, dan latar belakang mahasiswa mungkin berpengaruh terhadap hasil. Di sisi lain, konteks yang spesifik justru memberi nilai praktis karena menunjukkan bagaimana PBL-andragogi bekerja pada mahasiswa Ilmu Komputer dalam mata kuliah Matematika Diskrit. Penelitian lanjutan dapat melibatkan beberapa kelas, perguruan tinggi, atau program studi serumpun dan menggunakan analisis multilevel apabila data berasal dari beberapa kelas. Selain signifikansi statistik, penelitian berikutnya sebaiknya melaporkan effect size seperti Cohen's d beserta confidence interval agar kekuatan perubahan dapat dibandingkan secara lebih transparan dengan penelitian terdahulu.

Durasi perlakuan sebanyak empat pertemuan juga perlu diperhatikan. Peningkatan yang muncul dalam periode relatif singkat merupakan temuan yang menjanjikan, tetapi belum menunjukkan retensi jangka

panjang. Kemampuan pemecahan masalah yang sesungguhnya seharusnya tetap dapat digunakan ketika mahasiswa menghadapi jenis masalah baru beberapa minggu atau bulan setelah pembelajaran. Liu dan Pásztor (2022) menunjukkan bahwa durasi intervensi merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi efektivitas PBL. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dapat menambahkan delayed posttest dan transfer test. Delayed posttest menguji ketahanan belajar, sedangkan transfer test menguji apakah strategi yang dibangun pada materi Graf dapat digunakan pada topik Matematika Diskrit lain seperti relasi, kombinatorika, pohon, atau logika.

Implikasi praktis pertama dari penelitian ini adalah perlunya merancang masalah Graf yang autentik, bertahap, dan cukup terbuka. Masalah yang terlalu sederhana hanya melatih substitusi prosedur, sedangkan masalah yang terlalu kompleks dapat membebani mahasiswa sehingga diskusi berubah menjadi pencarian jawaban tanpa pemahaman. Dosen dapat memulai dari kasus representasi jaringan, kemudian meningkatkan kompleksitas menuju optimasi lintasan atau spanning tree. Setiap kasus sebaiknya memuat pertanyaan eksplisit yang menuntun empat tahap Polya: apa yang diketahui dan ditanyakan; model Graf apa yang tepat; strategi atau algoritma apa yang dipilih dan mengapa; bagaimana proses dijalankan; serta bagaimana solusi diverifikasi. Dengan demikian, kerangka Polya tidak hanya digunakan untuk penilaian, tetapi juga menjadi struktur metakognitif dalam aktivitas pembelajaran.

Implikasi kedua adalah penguatan tahap memeriksa kembali. Karena M4 menjadi bagian yang relatif paling lemah, dosen dapat menetapkan bahwa solusi belum dianggap selesai sebelum mahasiswa melakukan validasi. Bentuk validasi dapat berupa pengecekan dengan metode kedua, pengujian kasus batas, simulasi sederhana, penelusuran kembali setiap langkah, perbandingan dengan solusi kelompok lain, atau penggunaan perangkat lunak untuk mengonfirmasi hasil tanpa menggantikan penalaran. Wahab et al. (2024) menunjukkan bahwa kelemahan looking back berkaitan dengan evaluasi dan ketelitian, sehingga intervensi harus dibuat spesifik pada tahap tersebut. Kebiasaan ini juga relevan secara profesional bagi mahasiswa Ilmu Komputer karena debugging, testing, verification, dan validation merupakan bagian integral dari pengembangan solusi komputasional.

Implikasi ketiga adalah perlunya menjaga keseimbangan antara otonomi andragogis dan scaffolding. Otonomi yang terlalu cepat dapat membuat mahasiswa dengan pengetahuan awal rendah kehilangan arah, sedangkan bantuan yang terlalu rinci dapat mengurangi kesempatan berpikir. Wulandari et al. (2023) menunjukkan manfaat questioning, prompting, cueing, dan direct explanation secara bertahap pada pembelajaran teori Graf. Dosen dapat memulai dengan pertanyaan seperti 'apa yang direpresentasikan sebagai simpul?', 'informasi mana yang menjadi bobot?', atau 'apa syarat algoritma yang Anda pilih?', kemudian mengurangi bantuan ketika mahasiswa mulai mampu mengatur strategi sendiri. Pendekatan tersebut konsisten dengan pembelajaran orang dewasa yang menghargai kemandirian sekaligus mengakui bahwa kemandirian merupakan kemampuan yang perlu dikembangkan, bukan asumsi yang selalu sudah dimiliki mahasiswa.

Secara keseluruhan, penelitian ini memperkuat bukti bahwa pembelajaran Matematika Diskrit pada materi Graf akan lebih bermakna ketika masalah autentik, struktur PBL, prinsip andragogi, dan tahapan pemecahan masalah dipadukan secara eksplisit. Kontribusi penelitian terletak pada konteks mahasiswa S1 Ilmu Komputer dan fokus pada perkembangan tiap tahap pemecahan masalah, bukan hanya nilai akhir. Hasilnya sejalan dengan berbagai penelitian yang menunjukkan manfaat PBL terhadap problem solving, reasoning, dan critical thinking, tetapi juga perlu dibaca bersama temuan yang menunjukkan bahwa efektivitas PBL bersifat kontekstual. Oleh karena itu, makna utama hasil penelitian bukan bahwa PBL-andragogi merupakan satu-satunya pendekatan yang efektif, melainkan bahwa desain pembelajaran yang relevan dengan pengalaman mahasiswa, memberi ruang otonomi, menuntut argumentasi, menyediakan scaffolding, dan mewajibkan verifikasi dapat membangun proses pemecahan masalah yang lebih lengkap pada teori Graf.

- 1134 *Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah dalam Pembelajaran Matematika Diskrit pada Materi Graf dengan Pendekatan Andragogi dan Problem Based Learning Mahasiswa - Fahkrullah I Tama Umar, Nailul Yuni Permataputri*
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v8i5.9452>

Berdasarkan pembahasan tersebut, artikel ini juga menegaskan beberapa agenda penelitian lanjutan: penggunaan kelompok pembanding, perluasan sampel lintas kelas atau institusi, pelaporan effect size dan confidence interval, penyajian rinci hasil angket kemandirian belajar, penggunaan delayed posttest, serta analisis kualitatif terhadap lembar jawaban atau wawancara mahasiswa. Kombinasi data kuantitatif dan kualitatif akan membantu menjelaskan bukan hanya apakah kemampuan meningkat, tetapi bagaimana mahasiswa mengubah cara memahami, merencanakan, menjalankan, dan memverifikasi solusi pada masalah Graf.

KESIMPULAN

Pembelajaran Matematika Diskrit pada materi Graf melalui integrasi pendekatan Andragogi dan *Problem Based Learning* (PBL) menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap kemampuan pemecahan masalah mahasiswa Program Studi S1 Ilmu Komputer Universitas Pat Petulai, yang ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata skor dari 48,21 pada pretes menjadi 81,43 pada postes, dengan hasil uji *paired sample t-test* sebesar $t(27) = 21,84$ ($p < 0,001$) dan N-Gain sebesar 0,64 pada kategori sedang mendekati tinggi. Peningkatan kemampuan terjadi pada tahapan pemecahan masalah berdasarkan kerangka Polya, terutama dalam memahami masalah dan merencanakan penyelesaian, sedangkan kemampuan memeriksa kembali hasil penyelesaian masih menjadi aspek yang perlu diperkuat. Temuan ini menunjukkan bahwa pengintegrasian prinsip andragogi yang menekankan kemandirian, pengalaman, relevansi, dan tanggung jawab belajar dengan PBL yang berorientasi pada penyelesaian masalah kontekstual mampu menciptakan pembelajaran Graf yang lebih bermakna bagi mahasiswa Ilmu Komputer. Esensi temuan penelitian ini adalah bahwa peningkatan kemampuan pemecahan masalah tidak hanya ditentukan oleh penguasaan prosedur atau algoritma, tetapi juga oleh kemampuan mahasiswa dalam merepresentasikan permasalahan, menentukan strategi yang sesuai, melaksanakan penyelesaian secara sistematis, serta melakukan verifikasi terhadap solusi yang diperoleh. Oleh karena itu, pembelajaran Matematika Diskrit perlu dirancang dengan masalah autentik yang relevan dengan bidang komputasi, memberikan ruang bagi kemandirian mahasiswa, disertai *scaffolding* yang proporsional, serta secara eksplisit membiasakan mahasiswa melakukan refleksi dan verifikasi solusi agar kemampuan pemecahan masalah berkembang secara lebih utuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambrose, S. A., Bridges, M. W., DiPietro, M., Lovett, M. C., Norman, M. K., & Mayer, R. E. (2023). *How learning works: Eight research-based principles for smart teaching* (2nd ed.). Jossey-Bass.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach* (9th ed.). McGraw-Hill Companies, Inc.
- Aulakh, J., Wahab, H., Richards, C., Bidaisee, S., & Ramdass, P. V. A. K. (2025). Self-directed learning versus traditional didactic learning in undergraduate medical education: A systemic review and meta-analysis. *BMC Medical Education*, 25*, 70. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06449-0>
- Barkley, E. F., & Major, C. H. (2020). *Student engagement techniques: A handbook for college faculty* (2nd ed.). Jossey-Bass.
- Cahyono, B., Kartono, K., Waluya, B., Mulyono, M., & Setyawati, R. D. (2021). Problem-based learning supported by arguments scaffolding that affect critical thinking teacher candidates. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 16*(6), 2956–2969. <https://doi.org/10.18844/cjes.v16i6.6480>
- Doz, D., Cotič, M., & Cotič, N. (2024). The problem-based approach in mathematics teaching and its impact on mathematical problem-solving performance. *International Journal of Learning and Teaching*, 16*(4), 176–193. <https://doi.org/10.18844/ijlt.v16i4.9519>

- 1135 Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah dalam Pembelajaran Matematika Diskrit pada Materi Graf dengan Pendekatan Andragogi dan Problem Based Learning Mahasiswa - Fahkrullah I Tama Umar, Nailul Yuni Permataputri
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v8i5.9452>
- Epp, S. S. (2019). **Discrete mathematics with applications** (5th ed.). Cengage Learning.
- Erdem, C., Kaya, M., Tunç Toptaş, H., & Altunbaşak, İ. (2026). Problem-based learning and student outcomes in higher education: A second-order meta-analysis. **Studies in Higher Education*, 51*(4), 950–971. <https://doi.org/10.1080/03075079.2025.2498084>
- González, A., Gavilán-Izquierdo, J. M., Gallego-Sánchez, I., & Puertas, M. L. (2022). A theoretical analysis of the validity of the Van Hiele levels of reasoning in graph theory. **Journal on Mathematics Education*, 13*(3), 515–530.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? **Educational Psychology Review*, 16*, 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hudha, M. N., Etikamurni, D. P., Rasuli, I. P. A., Safitri, N. S., Perwita, C. A., & Ayu, H. D. (2023). Problem based learning (PBL)–problem solving skills (PSS): Systematic literature review. **IJIS Edu: Indonesian Journal of Integrated Science Education*, 5*(2). <https://ejournal.uinfasbengkulu.ac.id/index.php/ijisedu/article/view/2518>
- Johnsonbaugh, R. (2017). **Discrete mathematics** (8th ed.). Pearson.
- Knowles, M. S., Holton III, E. F., & Swanson, R. A. (2015). **The adult learner: The definitive classic in adult education and human resource development**. Routledge.
- Knowles, M. S., Holton III, E. F., Swanson, R. A., & Robinson, P. A. (2020). **The adult learner: The definitive classic in adult education and human resource development** (9th ed.). Routledge.
- Lestari, K. E., & Yudhanegara, M. R. (2024). Empirical study of mathematical investigation skill on graph theory. **Mathematics Teaching Research Journal*, 16*(2), 4–27.
- Liu, Y., & Pásztor, A. (2022). Effects of problem-based learning instructional intervention on critical thinking in higher education: A meta-analysis. **Thinking Skills and Creativity*, 45*, 101069. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101069>
- Lutfiya, L., Sumardi, H., & Siagian, T. A. (2021). Analisis kemampuan pemecahan masalah matematika siswa SMP berdasarkan langkah penyelesaian Polya. **LINEAR: Journal of Mathematics Education*, 2*(2). <https://doi.org/10.32332/linear.v2i2.3738>
- Manuaba, I. B. A. P., No, Y., & Wu, C.-C. (2022). The effectiveness of problem based learning in improving critical thinking, problem-solving and self-directed learning in first-year medical students: A meta-analysis. **PLOS ONE*, 17*(11), e0277339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277339>
- Meade, N. A. (2024). Forming optimal classroom environments through Bandura’s mastery experiences: An andragogy model. **Journal of Effective Teaching in Higher Education*, 7*(1), 28–47.
- Medová, J., Páleníková, K., Rybanský, L., & Naštická, Z. (2019). Undergraduate students’ solutions of modeling problems in algorithmic graph theory. **Mathematics*, 7*(7), 572. <https://doi.org/10.3390/math7070572>
- Merriam, S. B., & Baumgartner, L. M. (2020). **Learning in adulthood: A comprehensive guide** (4th ed.). Jossey-Bass.
- Nuraeni, S., Pujiastuti, H., & Khaerunnisa, E. (2026). Systematic literature review: Research trend analysis on problem-based learning and computational thinking in mathematics learning. **JKPM (Jurnal Kajian Pendidikan Matematika)*, 11*(2), 179–190. <https://doi.org/10.30998/jkpm.v11i2.3192>
- Pólya, G. (2014). **How to solve it: A new aspect of mathematical method**. Princeton University Press.
- Putri, F. M., Jupri, A., & Juandi, D. (2024). Analisis penerapan model problem based learning dalam pembelajaran matematika. **Suska Journal of Mathematics Education*, 10*(1). <https://doi.org/10.24014/sjme.v10i1.28017>

- 1136 *Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah dalam Pembelajaran Matematika Diskrit pada Materi Graf dengan Pendekatan Andragogi dan Problem Based Learning Mahasiswa - Fahkrullah I Tama Umar, Nailul Yuni Permataputri*
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v8i5.9452>
- Rahayu, R., Kartono, K., & Agoestanto, A. (2024). The exploration of APOS-based PBL model to improve the students' mathematics problem-solving skills. **Jurnal Pendidikan MIPA*, 25*(3), 1577–1592. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v25i3.pp1577-1592>
- Rosen, K. H. (2019). **Discrete mathematics and its applications** (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Salsabila, S., & Asih, E. C. M. (2024). The effect of problem-based learning models on students' mathematical problem-solving ability: A meta-analysis. **Jurnal Pendidikan MIPA*, 25*(2), 864–877. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v25i2.pp864-877>
- Ssemugenyi, F. (2023). Teaching and learning methods compared: A pedagogical evaluation of problem-based learning (PBL) and lecture methods in developing learners' cognitive abilities. **Cogent Education*, 10*(1), 2187943. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2187943>
- St. Clair, R., & K  pplinger, B. (2021). Alley or Autobahn? Assessing 50 years of the andragogical project. **Adult Education Quarterly*, 71*(3). <https://doi.org/10.1177/07417136211027879>
- Sutisna, E., Syamsuri, S., Hendrayana, A., & Mutaqin, A. (2023). Meta-analysis: Pengaruh model Problem Based Learning terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis. **Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7*(3). <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.1453>
- Thorndahl, K. L., & Stentoft, D. (2020). Thinking critically about critical thinking and problem-based learning in higher education: A scoping review. **Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 14*(1). <https://doi.org/10.14434/ijpbl.v14i1.28773>
- Uyang  r, S. M. (2019). Investigation of the mathematical thinking processes of students in mathematics education supported with graph theory. **Universal Journal of Educational Research*, 7*(1), 1–9. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.070101>
- Wahab, A., Kusuma, Y. S., Juandi, D., Turmudi, T., Buhaerah, B., & Syaiful, S. (2024). Understanding students' struggles in solving mathematical problems: A systematic literature review using Polya's framework. **Jurnal Pendidikan Progresif*, 14*(3). <https://doi.org/10.23960/jpp.v14.i3.2024118>
- Wulandari, Y. O., Khasanah, F., & Yuniarto, E. (2023). Problem-based scaffolding for prospective mathematics teachers in graph theory course. **International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 6*(3), 198–205. <https://doi.org/10.33122/ijtmr.v6i3.253>
- Zulkarnaen, R., & Aziza, A. K. (2025). Analyzing structural gaps in mathematical argumentation: A Toulmin-based study on graph theory. **Jurnal Pendidikan MIPA*, 26*(4), 2613–2636. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i4.pp2613-2636>