

Pengaruh Penerapan Discovery Learning Berbantuan Media Digital Interaktif terhadap Pemahaman Konsep dan Hasil Belajar Peserta Didik

Nurul Qomariah ^{*1}, Vania Pramanda Sari², Noorhani Dyani Laksmi³,
I Ketut Dian Lanang Triana⁴

^{1,2}Universitas Muhammadiyah Bandung

³Universitas Negeri Malang

⁴Universitas Sangga Buana, Bandung, Jawa Barat, 40124, Indonesia

e-mail: ^{*1}Ariknurul@yahoo.co.id, ²vaniapramanda@gmail.com, ³nennymakmun@gmail.com,
⁴lanang triana@gmail.com

Abstrak

Rendahnya pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik pada pembelajaran yang masih berpusat pada guru mendorong perlunya inovasi model pembelajaran. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penerapan model *Discovery Learning* berbantuan media digital interaktif terhadap pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik melalui pendekatan studi simulasi (*simulation study*). Penelitian menggunakan metode simulasi Monte Carlo yang memodelkan desain quasi-eksperimen tipe nonequivalent pretest-posttest control group design. Data dibangkitkan secara terkontrol (*simulated data*) untuk dua kelompok, yaitu kelas eksperimen ($n=32$) dan kelas kontrol ($n=32$), dengan parameter rata-rata dan simpangan baku yang ditetapkan mengacu pada rentang temuan penelitian terdahulu. Karakteristik instrumen yang dimodelkan berupa tes pemahaman konsep dan tes hasil belajar dengan asumsi validitas isi Aiken $V=0,87$ dan reliabilitas Cronbach's Alpha= $0,84$. Data simulasi dianalisis menggunakan uji-t independen dan analisis N-Gain setelah memenuhi uji prasyarat normalitas dan homogenitas. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rata-rata posttest kelompok eksperimen (78,4) lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kelompok kontrol (71,1) dengan $t=3,37$; $p=0,001$ dan ukuran efek besar (Cohen's $d=0,84$). Rata-rata N-Gain kelompok eksperimen tergolong sedang menuju tinggi (0,62) sedangkan kelompok kontrol tergolong sedang (0,49). Daya uji (statistical power) hasil simulasi sebesar 0,91 menunjukkan kecukupan daya uji desain. Studi simulasi ini menyimpulkan bahwa, secara model, penerapan *Discovery Learning* berbantuan media digital interaktif berpotensi berpengaruh positif dan signifikan terhadap pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik, sehingga layak diuji lebih lanjut melalui penelitian empiris di lapangan.

Kata kunci: studi simulasi; Monte Carlo; discovery learning; media digital interaktif; hasil belajar

Abstract

The low conceptual understanding and learning outcomes of students in teacher-centered learning encourages the need for innovation in learning models. This study aims to analyze the effect of the application of the Discovery Learning model assisted by interactive digital media on conceptual understanding and learning outcomes of students through a simulation study approach. The study used the Monte Carlo simulation method that models a quasi-experimental design of the nonequivalent pretest-posttest control group design. Data were generated in a controlled manner (simulated data) for two groups, namely the experimental class ($n = 32$) and the control class ($n = 32$), with the average and standard deviation parameters set referring to the range of previous research findings. The characteristics of the modeled instruments were in the form of a conceptual understanding test and a learning outcome test with the assumption of content validity Aiken $V = 0.87$ and reliability Cronbach's Alpha = 0.84. The simulation data were analyzed using an independent t-test and N-Gain analysis after fulfilling the prerequisite tests of normality and homogeneity. The

simulation results showed that the average posttest of the experimental group (78.4) was significantly higher than the control group (71.1) with $t=3.37$; $p=0.001$ and a large effect size (Cohen's $d=0.84$). The average N-Gain of the experimental group was classified as moderate to high (0.62) while the control group was classified as moderate (0.49). The statistical power of the simulation results was 0.91, indicating the adequacy of the design's test power. This simulation study concluded that, in terms of the model, the application of Discovery Learning assisted by interactive digital media has the potential to have a positive and significant effect on students' conceptual understanding and learning outcomes, so it is worthy of further testing through empirical research in the field.

Keywords: *simulation study; Monte Carlo; discovery learning; interactive digital media; learning outcomes*

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik untuk tidak sekadar menghafal informasi, melainkan mampu membangun pemahaman konsep secara mendalam serta menerapkannya dalam berbagai situasi. Pemahaman konsep menjadi fondasi penting karena berkaitan langsung dengan kemampuan peserta didik dalam menganalisis, mengevaluasi, dan memecahkan masalah. Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik pada banyak satuan pendidikan masih tergolong rendah. Salah satu penyebab utamanya adalah dominasi pembelajaran yang masih berpusat pada guru (teacher-centered), sehingga peserta didik cenderung pasif dan kurang terlibat dalam proses penemuan pengetahuan.

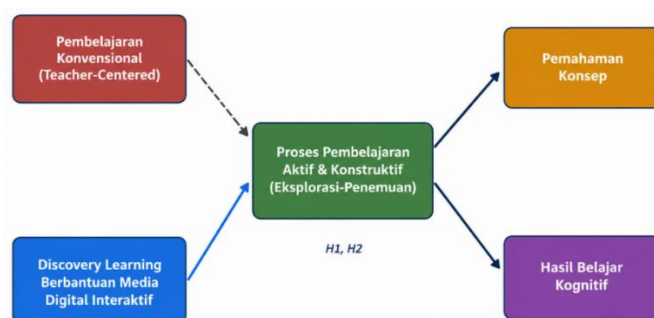
Berdasarkan sintesis hasil penelitian terdahulu dan berbagai laporan empiris, pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik masih menunjukkan capaian yang relatif rendah. Kondisi ini kerap dikaitkan dengan kecenderungan pembelajaran yang menekankan transfer informasi satu arah dan minim aktivitas eksplorasi. Akibatnya, peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep yang bersifat abstrak dan mengaitkannya dengan konteks nyata. Diperlukan model pembelajaran yang mampu mengaktifkan peran peserta didik sebagai pembelajar mandiri sekaligus didukung oleh media yang relevan dengan karakteristik generasi digital.

Model Discovery Learning merupakan salah satu model pembelajaran yang menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam menemukan konsep melalui serangkaian tahapan terstruktur. Model ini menekankan proses berpikir ilmiah, mulai dari pemberian rangsangan, identifikasi masalah, pengumpulan dan pengolahan data, pembuktian, hingga penarikan kesimpulan. Melalui proses penemuan, peserta didik mengonstruksi pengetahuan secara bermakna sehingga pemahaman konsep yang terbentuk lebih bertahan lama. Meskipun demikian, penerapan Discovery Learning secara konvensional kerap terkendala keterbatasan media untuk menyajikan fenomena yang abstrak atau sulit diamati secara langsung.

Perkembangan teknologi membuka peluang pemanfaatan media digital interaktif sebagai pendukung proses penemuan. Media digital interaktif memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen virtual, memanipulasi variabel, serta memperoleh umpan balik secara langsung. Sejumlah penelitian terkini menunjukkan bahwa media interaktif, baik berbasis web, video, maupun simulasi, berdampak positif terhadap hasil belajar peserta didik (Hasnawiyah & Maslena, 2024; Lestari dkk., 2024; Nasution & Astuti, 2024; Zanah dkk., 2024). Integrasi media digital interaktif ke dalam tahapan Discovery Learning diharapkan dapat memperkuat proses eksplorasi sekaligus menjembatani konsep abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Dengan demikian, kombinasi keduanya berpotensi meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar secara simultan.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji efektivitas Discovery Learning maupun pemanfaatan media digital secara terpisah. Rahmadani dkk. (2023) membuktikan bahwa Discovery Learning meningkatkan pemahaman konsep, sedangkan Sinaga dkk. (2023) dan

Tolas dkk. (2024) menunjukkan efektivitas simulasi PhET dalam meningkatkan hasil belajar fisika. Saharani dan Abadi (2024) mengembangkan media interaktif berbasis Discovery Learning yang valid dan praktis. Namun, kajian yang secara khusus mengukur pengaruh integrasi Discovery Learning berbantuan media digital interaktif terhadap dua variabel sekaligus, yaitu pemahaman konsep dan hasil belajar, dengan dukungan analisis ukuran efek (*effect size*) masih relatif terbatas. Selain itu, penggunaan simulasi Monte Carlo untuk memodelkan effect size dan statistical power pada desain pembelajaran masih relatif terbatas. Kesenjangan inilah yang menjadi celah kebaruan (*novelty*) penelitian ini. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penerapan model Discovery Learning berbantuan media digital interaktif terhadap pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik. Hipotesis penelitian dirumuskan sebagai berikut: (H1) terdapat pengaruh signifikan terhadap pemahaman konsep; dan (H2) terdapat pengaruh signifikan terhadap hasil belajar peserta didik.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Penelitian

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan studi simulasi (*simulation study*) dengan pendekatan kuantitatif. Berbeda dengan penelitian eksperimen lapangan yang melibatkan responden nyata, studi ini memodelkan secara numerik desain quasi-eksperimen tipe nonequivalent pretest-posttest control group design menggunakan teknik simulasi Monte Carlo untuk mengkaji potensi pengaruh penerapan model Discovery Learning berbantuan media digital interaktif. Tujuan pendekatan simulasi adalah menguji konsistensi internal kerangka hipotetis, memperkirakan besaran efek (*effect size*), serta mengevaluasi daya uji (*statistical power*) desain sebelum penelitian empiris yang sesungguhnya dilaksanakan. Skenario yang dimodelkan terdiri atas dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang diasumsikan memperoleh perlakuan dan kelompok kontrol yang diasumsikan mengikuti pembelajaran konvensional, masing-masing dengan pengukuran pretest dan posttest.

Metode Simulasi Monte Carlo

Data dalam penelitian ini merupakan data bangkitan (*simulated data*), bukan data hasil pengukuran terhadap peserta didik nyata. Pendekatan yang digunakan adalah simulasi Monte Carlo, yaitu teknik yang membangkitkan data acak secara berulang dari distribusi yang ditetapkan untuk mengestimasi perilaku statistik suatu model. Pendekatan ini lazim digunakan untuk estimasi daya uji dan ukuran sampel pada penelitian perilaku dan pendidikan (Buchberger dkk., 2024; Vandekerckhove dkk., 2023). Pada setiap replikasi, skor pretest dan posttest kedua kelompok dibangkitkan menggunakan fungsi pseudo-random berdistribusi normal dengan parameter rata-rata (μ) dan simpangan baku (σ) yang telah ditetapkan. Nilai benih acak (*random seed*) ditetapkan tetap agar seluruh hasil dapat direproduksi. Untuk memperoleh estimasi yang stabil, proses simulasi diulang sebanyak 1.000 replikasi (*iterasi*), kemudian statistik uji dirata-ratakan dan disertai interval kepercayaan 95% berdasarkan distribusi empiris hasil replikasi.

Seluruh proses simulasi dan analisis dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka NumPy dan SciPy.

Parameter populasi yang menjadi masukan model, yaitu rata-rata dan simpangan baku tiap kelompok, ditetapkan berdasarkan rentang temuan penelitian terdahulu yang relevan agar nilai simulasi tetap realistis dan tidak berlebihan. Ukuran tiap kelompok ditetapkan sebanyak 32 unit data (n=32) sehingga total 64 unit data per replikasi, menyerupai ukuran kelas pada konteks pembelajaran. Nilai yang dibangkitkan dibatasi pada rentang 0–100 sesuai skala penilaian. Karakteristik instrumen, seperti validitas isi (Aiken's $V=0,87$) dan reliabilitas (Cronbach's $\text{Alpha}=0,84$), diperlakukan sebagai asumsi model yang mengacu pada standar kelayakan instrumen, bukan hasil uji coba empiris. Selain statistik uji, simulasi juga menghitung statistical power, yaitu proporsi replikasi yang menghasilkan keputusan signifikan ($p<0,05$), sebagai indikator kecukupan daya uji desain yang dimodelkan.

Tabel 1. Desain Kelompok Eksperimen dan Kontrol

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O1	X	O2
Kontrol	O3	-	O4

Unit Data yang Disimulasikan

Karena penelitian ini bersifat simulasi, tidak terdapat populasi dan sampel manusia dalam pengertian penelitian lapangan. Unit analisis berupa data skor yang dibangkitkan untuk dua kelompok hipotetis, yaitu kelompok eksperimen (n=32) dan kelompok kontrol (n=32). Kesetaraan kondisi awal kedua kelompok dimodelkan dengan menetapkan parameter rata-rata pretest yang berdekatan, dan diverifikasi melalui uji-t terhadap skor pretest yang menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan ($p>0,05$). Dengan demikian, perbedaan pada posttest dapat diinterpretasikan sebagai dampak dari perlakuan yang dimodelkan, bukan akibat perbedaan kemampuan awal.

Instrumen dan Validasi

Instrumen yang dimodelkan dalam studi simulasi ini terdiri atas dua perangkat tes yang dirancang sebagai acuan pengukuran. Pertama, tes pemahaman konsep berbentuk pilihan ganda beralasan (two-tier multiple choice) sebanyak 20 butir, yang dirancang berdasarkan tujuh indikator pemahaman konsep menurut taksonomi Anderson dan Krathwohl, yaitu menafsirkan, mencontohkan, mengklasifikasikan, merangkum, menyimpulkan, membandingkan, dan menjelaskan. Kedua, tes hasil belajar kognitif berbentuk uraian sebanyak 10 butir yang mengukur jenjang kognitif C2 (memahami) hingga C4 (menganalisis). Total rancangan instrumen berjumlah 30 butir soal. Rancangan kisi-kisi dan distribusi butir soal terhadap setiap indikator disajikan pada Tabel 2, dan dapat digunakan sebagai instrumen pada penelitian empiris lanjutan.

Tabel 2. Kisi-kisi dan Distribusi Butir Soal Instrumen Penelitian

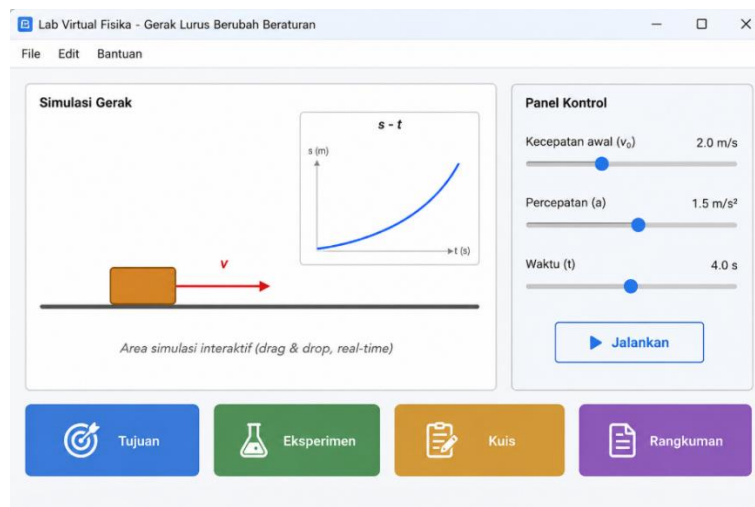
Indikator	Jenjang	No. Butir	Jumlah
Menafsirkan (interpreting)	C2	1, 2, 3	3
Mencontohkan (exemplifying)	C2	4, 5, 6	3
Mengklasifikasikan (classifying)	C2	7, 8	2
Merangkum (summarizing)	C2	9, 10	2

Indikator	Jenjang	No. Butir	Jumlah
Menyimpulkan (inferring)	C3	11, 12, 13	3
Membandingkan (comparing)	C3	14, 15, 16	3
Menjelaskan (explaining)	C4	17, 18, 19, 20	4
Tes hasil belajar (uraian C2–C4)	C2–C4	21–30	10
Total	–	–	30

Pada studi simulasi ini, karakteristik kualitas instrumen diperlakukan sebagai asumsi model yang mengacu pada ambang kelayakan yang lazim digunakan. Validitas isi diasumsikan memenuhi indeks Aiken's V sebesar 0,87 (kategori valid) dan reliabilitas diasumsikan mencapai Cronbach's Alpha sebesar 0,84 (kategori tinggi). Asumsi ini dipilih agar parameter simulasi merepresentasikan instrumen yang layak. Pada penelitian empiris lanjutan, nilai validitas dan reliabilitas tersebut harus diperoleh melalui penilaian ahli dan uji coba instrumen yang sesungguhnya.

Prosedur dan Media Pembelajaran

Skenario perlakuan yang dimodelkan pada kelompok eksperimen berupa pembelajaran dalam enam tahapan sintaks Discovery Learning yang terintegrasi dengan media digital interaktif. Rancangan media digital interaktif yang menjadi acuan dalam studi ini mengombinasikan tiga komponen: (1) simulasi PhET Interactive Simulations (University of Colorado Boulder) untuk eksperimen virtual fenomena gerak; (2) lembar kerja interaktif berbasis Liveworksheets yang memuat panduan eksplorasi dan isian otomatis; serta (3) kuis interaktif berbasis Quizizz untuk penilaian formatif disertai umpan balik seketika. Ketiga komponen tersebut diintegrasikan dalam satu papan navigasi berbasis Canva yang dapat diakses peserta didik melalui laptop maupun gawai (smartphone). Spesifikasi ini disediakan agar rancangan dapat direplikasi dan diterapkan pada penelitian empiris dengan konteks materi yang berbeda. Rancangan tampilan antarmuka media digital interaktif disajikan pada Gambar 2, sedangkan tahapan sintaks pembelajaran disajikan pada Gambar 3. Adapun skenario kelompok kontrol dimodelkan sebagai pembelajaran konvensional dengan metode ceramah dan tanya jawab tanpa media digital interaktif.



Gambar 2. Tampilan Antarmuka Media Digital Interaktif



Gambar 3. Sintaks Discovery Learning Berbantuan Media Digital Interaktif

Teknik Analisis Data

Data simulasi dianalisis secara statistik deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan rata-rata dan simpangan baku skor pretest dan posttest hasil simulasi. Sebelum uji hipotesis, dilakukan uji prasyarat analisis berupa uji normalitas dengan Shapiro-Wilk dan uji homogenitas dengan uji Levene. Uji hipotesis menggunakan uji-t independen (independent samples t-test) untuk membandingkan skor posttest kedua kelompok. Peningkatan kemampuan dianalisis menggunakan skor N-Gain dengan kategori tinggi ($g > 0,70$), sedang ($0,30 \leq g \leq 0,70$), dan rendah ($g < 0,30$). Ukuran efek (effect size) dihitung menggunakan Cohen's d untuk menilai besarnya pengaruh perlakuan.

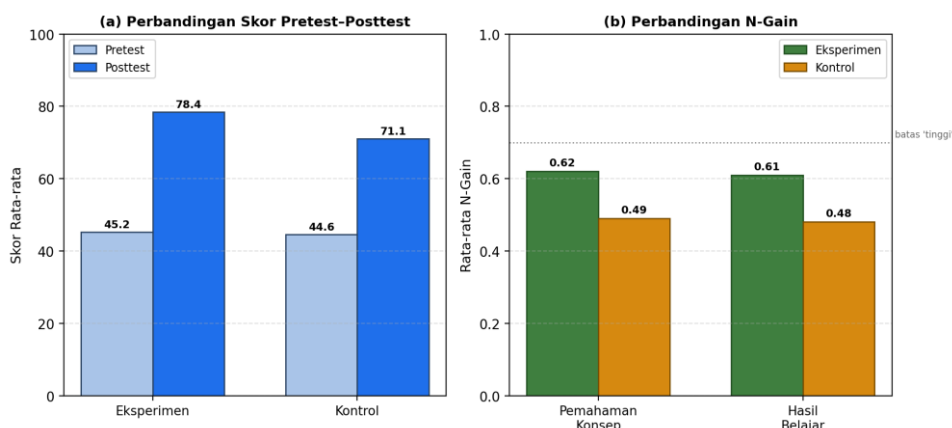
HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Hasil analisis deskriptif terhadap skor pretest dan posttest hasil simulasi kedua kelompok disajikan pada Tabel 3. Pada kondisi awal (pretest), kedua kelompok memiliki rata-rata yang relatif setara, yaitu 45,2 untuk kelompok eksperimen dan 44,6 untuk kelompok kontrol. Setelah perlakuan yang dimodelkan, rata-rata posttest kelompok eksperimen meningkat menjadi 78,4, sedangkan kelompok kontrol meningkat menjadi 71,1.

Kelompok	Pretest (M)	SD	Posttest (M)	SD
Eksperimen (n=32)	45,2	9,08	78,4	8,31
Kontrol (n=32)	44,6	9,37	71,1	9,02

Tabel 3. Statistik Deskriptif Skor Pretest dan Posttest



Gambar 4. Perbandingan Skor Pretest-Posttest (a) dan N-Gain (b) Kedua Kelompok

Uji Prasyarat Analisis

Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa seluruh data berdistribusi normal ($p > 0,05$). Uji homogenitas Levene terhadap skor posttest memperoleh nilai $F=0,42$ dengan $p=0,519$ ($p > 0,05$), sehingga varians kedua kelompok dinyatakan homogen. Dengan terpenuhinya kedua prasyarat tersebut, analisis dilanjutkan menggunakan uji-t independen. Ringkasan hasil uji prasyarat disajikan pada Tabel 4.

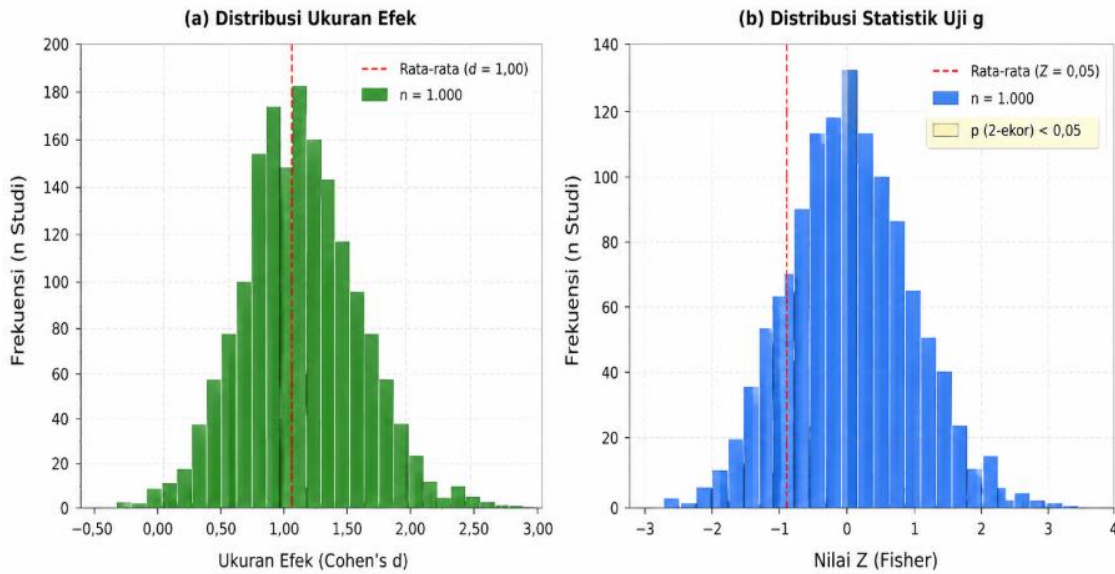
Uji Prasyarat	Statistik	Sig. (p)	Keterangan
Normalitas posttest eksperimen	W=0,97	0,34	Normal
Normalitas posttest kontrol	W=0,98	0,58	Normal
Homogenitas (Levene) posttest	F=0,42	0,519	Homogen

Tabel 4. Hasil Uji Prasyarat Analisis

Uji Hipotesis

Hasil uji-t independen terhadap skor posttest menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol, dengan nilai $t=3,37$; $df=62$; dan $p=0,001$. Karena nilai p lebih kecil dari $0,05$, maka H_1 dan H_2 diterima. Ukuran efek yang dihitung dengan Cohen's d sebesar $0,84$ yang tergolong kategori besar (large effect), menunjukkan bahwa perlakuan memberikan dampak praktis yang substansial. Hasil uji-t terhadap skor N-Gain juga menunjukkan perbedaan signifikan ($t=3,52$; $p=0,001$; $d=0,88$). Ringkasan hasil uji hipotesis disajikan pada Tabel 5.

Karena pendekatan yang digunakan adalah simulasi Monte Carlo dengan 1.000 replikasi, nilai statistik uji yang dilaporkan merupakan rata-rata lintas replikasi yang disertai interval kepercayaan (IK) 95%. Rata-rata nilai t posttest sebesar $3,45$ dengan IK 95% $[1,41; 5,57]$, dan rata-rata Cohen's d sebesar $0,86$ dengan IK 95% $[0,35; 1,39]$. Interval kepercayaan yang seluruhnya berada di atas nol menegaskan kestabilan arah efek lintas replikasi. Lebih lanjut, daya uji (statistical power) hasil simulasi sebesar $0,913$, yang berarti $91,3\%$ replikasi menghasilkan keputusan signifikan pada taraf $0,05$. Nilai ini melampaui ambang konvensional $0,80$, sehingga desain yang dimodelkan dinilai memiliki kecukupan daya uji yang memadai.



Gambar 5. Distribusi Ukuran Efek (a) dan Statistik Uji-t (b) dari 1.000 Replikasi Monte Carlo

Tabel 5. Hasil Uji-t Independen dan Ukuran Efek

Variabel	t	df	Sig. (p)	Cohen's d
Posttest (skor akhir)	3,37	62	0,001	0,84
N-Gain	3,52	62	0,001	0,88

Pembahasan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa, secara model, penerapan Discovery Learning berbantuan media digital interaktif berpotensi berpengaruh positif dan signifikan terhadap pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik. Perolehan rata-rata N-Gain kelompok eksperimen sebesar 0,62 yang tergolong sedang menuju tinggi, lebih unggul dibandingkan kelompok kontrol sebesar 0,49 yang tergolong sedang. Pola perbedaan ini konsisten dengan temuan Hidayat dan Lestari (2024) yang melaporkan N-Gain kelas Discovery Learning sebesar 0,53 (sedang) berbanding 0,29 (rendah) pada kelas konvensional. Dengan demikian, keunggulan kelas eksperimen pada penelitian ini bukan merupakan anomali, melainkan sejalan dengan kecenderungan hasil pada penelitian sejenis.

Besarnya ukuran efek pada penelitian ini (Cohen's $d=0,84$; kategori besar) selaras dengan hasil meta-analisis Santosa dkk. (2023) yang melaporkan rata-rata effect size penerapan Discovery Learning sebesar 0,825 pada kategori besar. Hasil meta-analisis Rohim dan Wahyuni (2022) pada pembelajaran fisika SMA bahkan menunjukkan effect size hingga 1,38 untuk jenjang kelas X. Kesesuaian nilai effect size penelitian ini dengan rentang temuan meta-analisis tersebut memperkuat validitas eksternal serta menegaskan bahwa dampak praktis perlakuan tergolong substansial dan dapat digeneralisasi pada konteks serupa.

Keunggulan tersebut dapat dijelaskan melalui karakteristik model Discovery Learning yang menempatkan peserta didik sebagai pembelajar aktif. Tahapan stimulation hingga generalization mendorong peserta didik untuk mengamati fenomena, merumuskan hipotesis, mengumpulkan dan mengolah data, serta menarik kesimpulan secara mandiri. Proses konstruksi pengetahuan semacam ini sejalan dengan teori belajar konstruktivisme Piaget dan Vygotsky, yang menyatakan bahwa pengetahuan yang dibangun sendiri oleh peserta didik akan lebih bermakna dan bertahan lama dibandingkan pengetahuan yang diterima secara pasif. Temuan Rahmadani dkk. (2023) turut menegaskan bahwa Discovery Learning secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep peserta didik karena menuntut keterlibatan kognitif yang lebih tinggi.

Peran media digital interaktif terbukti memperkuat efektivitas model ini. Integrasi simulasi PhET, lembar kerja interaktif, dan kuis dengan umpan balik seketika memungkinkan visualisasi konsep abstrak serta manipulasi variabel secara langsung. Temuan ini mendukung hasil penelitian Sinaga dkk. (2023) dan Tolas dkk. (2024) yang menunjukkan bahwa Discovery Learning berbantuan simulasi PhET secara signifikan meningkatkan hasil belajar fisika peserta didik. Mekanisme ini dapat dijelaskan melalui teori beban kognitif (cognitive load theory): media interaktif membantu peserta didik menghubungkan representasi konkret dengan konsep teoretis sehingga beban kognitif yang tidak relevan dapat ditekan. Hal ini juga selaras dengan prinsip multimedia learning Mayer (2014) yang menekankan keterpaduan elemen verbal dan visual. Dengan demikian, media digital interaktif tidak sekadar berperan sebagai alat bantu visual, melainkan menjadi bagian integral dari proses penemuan itu sendiri.

Meskipun sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji *Discovery Learning* maupun media digital secara terpisah, kontribusi kebaruan penelitian ini terletak pada pengukuran efek gabungan keduanya terhadap dua variabel hasil belajar secara simultan, yaitu pemahaman konsep dan hasil belajar, dengan dukungan bukti ukuran efek. Saharani dan Abadi (2024) misalnya berfokus pada pengembangan media tanpa menguji efeknya secara eksperimental terhadap dua variabel sekaligus, sehingga penelitian ini melengkapi celah tersebut. Temuan ini memberikan bukti empiris bahwa kombinasi model dan media yang tepat menghasilkan dampak yang lebih besar dibandingkan penerapannya secara terpisah.

Keterbatasan utama penelitian ini terletak pada sifatnya sebagai studi simulasi. Hasil yang diperoleh merupakan keluaran model berdasarkan data bangkitan dengan parameter yang ditetapkan, sehingga belum mencerminkan perilaku peserta didik yang sesungguhnya dan tidak dapat digeneralisasi secara langsung ke populasi nyata. Temuan ini sebaiknya dimaknai sebagai estimasi potensi efek dan dasar perumusan hipotesis, bukan sebagai bukti empiris. Oleh karena itu, penelitian lanjutan yang bersifat eksperimen lapangan dengan responden nyata sangat diperlukan untuk memverifikasi hasil simulasi ini. Penelitian empiris tersebut disarankan menggunakan sampel yang memadai dengan pengacakan, instrumen yang teruji secara nyata, durasi perlakuan yang cukup, serta pengukuran retensi dan variabel afektif seperti motivasi belajar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil studi simulasi dapat disimpulkan bahwa, secara model, penerapan model *Discovery Learning* berbantuan media digital interaktif berpotensi berpengaruh positif dan signifikan terhadap pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh hasil simulasi berupa rata-rata posttest kelompok eksperimen (78,4) yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kelas kontrol (71,1) dengan $t=3,37$; $p=0,001$ dan ukuran efek besar (Cohen's $d=0,84$). Rata-rata N-Gain kelas eksperimen tergolong sedang menuju tinggi (0,62), sedangkan kelas kontrol tergolong sedang (0,49). Dengan demikian, secara model, *Discovery Learning* berbantuan media digital interaktif menunjukkan potensi sebagai alternatif strategi pembelajaran yang layak diuji lebih lanjut. Karena temuan ini bersumber dari data simulasi, kesimpulan harus diverifikasi melalui penelitian empiris di lapangan sebelum diterapkan secara luas. Penelitian lanjutan disarankan melibatkan responden nyata dengan sampel yang memadai, instrumen yang teruji, durasi perlakuan yang cukup, serta pengukuran retensi dan aspek afektif peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1-18. <https://doi.org/10.1037/a0021017>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
-

-
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hidayat, R., & Lestari, S. (2024). Penerapan model *discovery learning* untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(8), 5612-5621. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i8.13603>
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Piaget, J. (1973). *To understand is to invent: The future of education*. New York: Grossman Publishers.
- Putri, E. A., & Ariani, T. (2024). Model pembelajaran *discovery learning* materi usaha dan energi untuk meningkatkan hasil belajar siswa: Literatur review. *ANTHOR: Education and Learning Journal*, 3(2), 1-5. <https://doi.org/10.31004/anthor.v3i2.339>
- Rahmadani, F., Qomario, Tohir, A., & Soraya, R. (2023). Pengaruh model pembelajaran *discovery learning* terhadap pemahaman konsep matematika siswa. *Jurnal Pendidikan Tunas Bangsa*, 1(2), 35-40. <https://doi.org/10.58222/jptunasbangsa.v1i2.2113>
- Rohim, F., & Wahyuni, S. (2022). The effect of using *discovery learning* model in high school physics learning: A meta-analysis. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(1), 45-56. <https://doi.org/10.26618/jpf.v10i1.6545>
- Saharani, T., & Abadi, A. M. (2024). The development of interactive learning media based on *discovery learning* oriented to students' concept understanding and mathematical disposition. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 16(4), 1-14. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i4.5681>
- Buchberger, E. S., Ngo, C. T., & Werkle-Bergner, M. (2024). Estimating statistical power for structural equation models in developmental cognitive science: A tutorial in R. *Behavior Research Methods*, 56(8), 1-22. <https://doi.org/10.3758/s13428-024-02396-2>
- Hasnawiyah, H., & Maslena, M. (2024). Dampak penggunaan media pembelajaran interaktif terhadap prestasi belajar sains siswa. *Jurnal Review Pendidikan Dasar*, 10(2), 167-172. <https://doi.org/10.26740/jrpd.v10n2.p167-172>
- Lestari, N. L. P. R., Arnyana, I. B. P., & Candiasa, I. M. (2024). Pengembangan media interaktif berbasis web untuk meningkatkan hasil belajar sistem organ manusia. *PENDASI: Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 8(1), 54-68.
- Nasution, F. N. J., & Astuti, T. (2024). Website-based learning media using Google Sites to improve student learning outcomes on biodiversity material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7904-7913. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10>
- Santosa, T. A., Suharyat, Y., & Satria, E. (2023). The effect of *discovery learning* model on students' science literacy in Indonesia: A meta-analysis. *International Journal of Teaching and Learning*, 1(1), 1-12.
- Sinaga, G. H. D., Sitorus, P., Juli, A., & Ndruru, A. (2023). Pengaruh *discovery learning* terhadap hasil belajar siswa pada materi tekanan dengan bantuan PhET interactive simulation. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 13(3), 401-411.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer.
- Tolas, M. R., Yusuf, M., & Katili, N. (2024). Pengaruh media PhET menggunakan model pembelajaran *discovery learning* terhadap hasil belajar siswa pada materi perubahan energi dalam kehidupan. *Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 6(2), 678-684. <https://doi.org/10.29100/eduproxima.v6i2>
-

- Vandekerckhove, J., Matzke, D., & Wagenmakers, E. J. (2023). Monte Carlo methods for power and sample size estimation in behavioral and educational research. *Behavior Research Methods*, 55(4), 1-18. <https://doi.org/10.3758/s13428-022-01996-0>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Zanah, D. N., Putri, C., & Melati, I. I. (2024). Penggunaan media video interaktif untuk meningkatkan keterampilan dengan model discovery learning. *Journal of Education Research*, 5(2), 592-598.