

The Effect of Using Virtual PhET Simulations on Electric Circuit Topics on the Science Process Skills of Elementary School Students

Pengaruh Penggunaan Virtual PhET pada Materi Rangkaian Listrik terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa SD

Ummi Muthi'ah Zaujaha¹, Cucun Sunaengsih², Regina Lichteria Panjaitan³

Universitas Pendidikan Indonesia^{1,2,3S}

Email: muthiah27@upi.edu¹, cucunsunaengsih@upi.edu², regina@upi.edu³

*Corresponding Author

Received :15 Mei, Revised : 10 Juni 2026, Accepted : 13 Juli 2026.

ABSTRACT

Science process skills are essential competencies that need to be developed in science and social studies (IPAS) learning at the elementary school level. However, students' science process skills in learning electrical circuits remain relatively low because learning activities tend to be teacher-centered and provide limited opportunities for direct scientific experiences. This study aimed to determine the effect of using Virtual PhET in electrical circuit learning on elementary school students' science process skills. This research employed a quasi-experimental method with a Nonequivalent Control Group Design. The sample consisted of 32 students in the experimental class and 30 students in the control class. The research instruments included a science process skills test and observation sheets. Data were analyzed using normality tests, homogeneity tests, mean difference tests, and N-Gain analysis. The results showed that the average science process skills score of students in the experimental class increased from 47 to 77, while that of students in the control class increased from 46 to 69. The average N-Gain score of the experimental class was 0.55, whereas the control class obtained an average N-Gain score of 0.37, both categorized as moderate. The findings indicate that the use of Virtual PhET has an effect on elementary school students' science process skills in learning electrical circuits compared to the use of instructional video media. Therefore, Virtual PhET can be used as an alternative learning medium to support the development of students' science process skills in IPAS learning.

Keywords: Virtual PhET, Electrical Circuits, Science Process Skills, IPAS, Elementary School

ABSTRAK

Keterampilan proses sains merupakan salah satu kemampuan penting yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran IPAS di sekolah dasar. Namun, keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik masih tergolong rendah karena pembelajaran cenderung berpusat pada guru dan kurang memberikan pengalaman ilmiah secara langsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan Virtual PhET pada materi rangkaian listrik terhadap keterampilan proses sains siswa sekolah dasar. Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain Nonequivalent Control Group Design. Sampel penelitian terdiri atas 32 siswa kelas eksperimen dan 30 siswa kelas kontrol. Instrumen penelitian berupa tes keterampilan proses sains dan lembar observasi. Analisis data dilakukan melalui uji normalitas, uji homogenitas, uji beda rata-rata, dan uji N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai keterampilan proses sains pada kelas eksperimen meningkat dari 47 menjadi 77, sedangkan pada kelas kontrol meningkat dari 46 menjadi 69. Nilai rata-rata N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,55 dan kelas kontrol sebesar 0,37 dengan kategori sedang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Virtual PhET berpengaruh terhadap keterampilan proses sains siswa sekolah dasar pada materi rangkaian listrik dibandingkan penggunaan media video pembelajaran. Dengan demikian, Virtual PhET dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran untuk mendukung pengembangan keterampilan proses sains siswa dalam pembelajaran IPAS.

Kata Kunci: Virtual PhET, Rangkaian Listrik, Keterampilan Proses Sains, IPAS, Siswa Sekolah Dasar

1. Pendahuluan

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) pada jenjang sekolah dasar dalam Kurikulum Merdeka diarahkan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, keterampilan proses sains, serta membentuk peserta didik yang mampu memahami fenomena alam dan sosial secara holistik. Pembelajaran IPAS tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga menekankan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses inkuiri ilmiah melalui kegiatan mengamati, menyelidiki, menganalisis, dan menyimpulkan berbagai fenomena yang ditemukan di lingkungan sekitar (P. Rahayu et al., 2023; Rhaudahtul Jannah et al., 2025). Oleh karena itu, pembelajaran IPAS di sekolah dasar perlu dirancang secara kontekstual dan memberikan pengalaman belajar langsung agar peserta didik dapat membangun pengetahuannya secara bermakna.

Dalam perspektif konstruktivisme, pembelajaran sains yang efektif harus mampu memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membangun pengetahuan melalui pengalaman nyata dan interaksi sosial. Pembelajaran yang berpusat pada peserta didik memungkinkan berkembangnya keterampilan proses sains (KPS), yaitu seperangkat keterampilan ilmiah yang meliputi mengamati, mengklasifikasikan, mengukur, memprediksi, mengomunikasikan, dan menyimpulkan (Wilani & Marjo, 2025). Keterampilan proses sains merupakan komponen esensial dalam pembelajaran IPA karena berfungsi sebagai dasar dalam memahami konsep sains sekaligus membentuk kemampuan berpikir ilmiah, kritis, dan sistematis (Wirayuda et al., 2022; Aldi & Ismail, 2023).

Meskipun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa keterampilan proses sains peserta didik sekolah dasar masih tergolong rendah. Rendahnya keterampilan tersebut disebabkan oleh dominasi pembelajaran konvensional yang masih berpusat pada guru, minimnya aktivitas eksperimen, serta kurang optimalnya pemanfaatan media pembelajaran yang mendukung kegiatan penyelidikan ilmiah (Storyline & Mata, 2025; Etika Junitasari & Heryanto, 2021). Kondisi ini semakin nyata pada pembelajaran materi rangkaian listrik yang memiliki karakteristik abstrak dan sulit diamati secara langsung oleh peserta didik. Materi rangkaian listrik menuntut pemahaman mengenai konsep arus listrik, tegangan, serta hubungan antar komponen listrik yang tidak dapat diamati secara kasatmata sehingga sering menimbulkan miskonsepsi pada siswa (Saputra et al., 2025).

Permasalahan tersebut diperparah oleh keterbatasan fasilitas laboratorium di sekolah dasar, khususnya ketersediaan alat praktikum kelistrikan. Akibatnya, kegiatan pembelajaran lebih banyak dilakukan melalui metode ceramah dan penggunaan media statis, seperti gambar pada buku teks. Pembelajaran semacam ini kurang mampu memfasilitasi peserta didik untuk melakukan eksplorasi dan eksperimen secara langsung sehingga pemahaman konseptual dan keterampilan proses sains siswa tidak berkembang secara optimal (Novita et al., 2022). Padahal, peserta didik sekolah dasar cenderung lebih mudah memahami konsep apabila disajikan melalui media visual, konkret, dan interaktif (Farwati et al., 2025).

Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pemanfaatan laboratorium virtual berbasis simulasi Physics Education Technology (*PhET*). *PhET* merupakan media pembelajaran interaktif yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder untuk memfasilitasi pembelajaran sains melalui simulasi virtual yang memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen secara aman, fleksibel, dan interaktif (Badriyah, 2023). Simulasi *PhET* mampu memvisualisasikan konsep-konsep abstrak menjadi lebih konkret sehingga membantu peserta didik memahami fenomena sains yang sulit diamati secara langsung (Muna et al., 2023; Habibillah & Muskhair, 2025). Pada materi rangkaian listrik, *PhET* memungkinkan peserta didik menyusun komponen listrik, mengamati aliran arus, serta melakukan berbagai variasi percobaan secara mandiri.

Sejumlah penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas penggunaan *PhET* dalam pembelajaran IPA. Vannilia et al. (2023) melaporkan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri

dengan bantuan *PhET* mampu meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik secara signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional. Penelitian Novi et al. (2025) juga menunjukkan bahwa penggunaan *PhET* menghasilkan peningkatan keterampilan proses sains yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan media video pembelajaran. Selain itu, Narulita et al. (2024) menemukan bahwa simulasi *PhET* dapat meningkatkan keaktifan belajar peserta didik dan memberikan kesempatan untuk melakukan eksplorasi konsep secara mandiri.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji efektivitas *PhET* dalam pembelajaran IPA, kajian yang secara khusus menganalisis pengaruh penggunaan simulasi virtual *PhET* terhadap keterampilan proses sains siswa sekolah dasar pada materi rangkaian listrik dalam konteks implementasi Kurikulum Merdeka masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada hasil belajar atau dilaksanakan pada jenjang pendidikan menengah. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) pada pengkajian pengaruh simulasi virtual *PhET* yang dipadukan dengan pembelajaran inkuiri terhadap keterampilan proses sains siswa sekolah dasar pada materi rangkaian listrik dalam pembelajaran IPAS.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan simulasi virtual *PhET* terhadap keterampilan proses sains siswa sekolah dasar pada materi rangkaian listrik. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris dalam pengembangan pembelajaran IPAS berbasis teknologi digital sekaligus menjadi alternatif solusi dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik di sekolah dasar.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode quasi experiment (eksperimen semu). Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian bertujuan untuk menguji pengaruh penggunaan media pembelajaran *Virtual Physics Education Technology (PhET)* terhadap keterampilan proses sains siswa sekolah dasar pada materi rangkaian listrik melalui analisis data numerik dan pengujian statistik. Metode quasi experiment digunakan karena peneliti tidak memungkinkan untuk melakukan pengacakan subjek secara penuh, sehingga kelompok penelitian menggunakan kelas yang telah ada sebelumnya (Anantasia, 2025).

Desain penelitian yang digunakan adalah *Nonequivalent Control Group Design*, yang melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kedua kelompok diberikan pretest untuk mengetahui kemampuan awal siswa sebelum perlakuan. Selanjutnya, kelompok eksperimen diberikan perlakuan berupa pembelajaran menggunakan media *Virtual PhET* yang dipadukan dengan model inkuiri, sedangkan kelompok kontrol memperoleh pembelajaran konvensional. Setelah perlakuan selesai, kedua kelompok diberikan posttest untuk mengetahui perubahan keterampilan proses sains siswa. Desain penelitian tersebut dapat digambarkan sebagai berikut: $O_1 \times O_2$ (kelompok eksperimen) dan $O_1 - O_2$ (kelompok kontrol).

Penelitian dilaksanakan di salah satu sekolah dasar negeri di Kecamatan Sumedang Selatan, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, yaitu SDN Sukaraja Tahun Ajaran 2026/2027. Pelaksanaan penelitian berlangsung selama tiga bulan, mulai Februari hingga April 2027, yang meliputi tahap persiapan, pelaksanaan pembelajaran, pengumpulan data, analisis data, dan penyusunan laporan penelitian.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas V sekolah dasar di Kecamatan Sumedang Selatan. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik sampling jenuh karena seluruh anggota populasi pada lokasi penelitian dijadikan subjek penelitian. Sampel terdiri atas dua kelas, yaitu kelas V A yang berjumlah 32 siswa dan kelas V B yang berjumlah 30 siswa, sehingga total sampel sebanyak 62 siswa. Penentuan kelas eksperimen dan kelas kontrol dilakukan melalui teknik simple random sampling dengan cara pengundian kelas.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan observasi dan tes. Observasi dilakukan untuk memperoleh data mengenai aktivitas guru dan siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Sementara itu, tes digunakan untuk mengukur keterampilan proses sains siswa sebelum dan sesudah perlakuan melalui pemberian pretest dan posttest. Instrumen

tes berupa soal uraian yang disusun berdasarkan indikator keterampilan proses sains pada materi rangkaian listrik.

Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen terlebih dahulu diuji validitas dan reliabilitasnya. Uji validitas dilakukan dengan bantuan program IBM SPSS Statistics pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Hasil uji menunjukkan bahwa seluruh butir soal memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05 sehingga dinyatakan valid. Selanjutnya, hasil uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha memperoleh nilai sebesar 0,747 yang termasuk kategori tinggi, sehingga instrumen dinyatakan reliabel dan layak digunakan dalam penelitian. Selain itu, dilakukan pula analisis tingkat kesukaran dan daya pembeda untuk memastikan kualitas setiap butir soal. Hasil analisis menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat kesukaran yang bervariasi dan daya pembeda yang berada pada kategori cukup hingga baik.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif menggunakan bantuan IBM SPSS Statistics. Tahap awal analisis dilakukan melalui uji prasyarat yang meliputi uji normalitas menggunakan Kolmogorov–Smirnov dan uji homogenitas menggunakan Levene's Test. Selanjutnya, peningkatan keterampilan proses sains siswa dianalisis menggunakan uji N-Gain untuk mengetahui tingkat efektivitas pembelajaran. Karena hasil uji normalitas menunjukkan bahwa tidak seluruh data berdistribusi normal, maka pengujian hipotesis dilakukan menggunakan statistik nonparametrik. Uji Wilcoxon Signed Rank Test digunakan untuk mengetahui perbedaan skor pretest dan posttest pada masing-masing kelompok, sedangkan uji Mann–Whitney U Test digunakan untuk menganalisis perbedaan peningkatan keterampilan proses sains antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada taraf signifikansi 0,05.

3. Hasil dan Pembahasan

Keterampilan Proses Sains Siswa Sebelum dan Sesudah Mengikuti Pembelajaran pada Kelas Eksperimen

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan simulasi virtual *PhET* terhadap keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen, dilakukan analisis terhadap hasil pretest dan posttest yang diperoleh sebelum dan sesudah pembelajaran. Analisis ini bertujuan untuk menggambarkan perubahan keterampilan proses sains siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET* pada materi rangkaian listrik. Hasil perolehan skor pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perolehan Nilai Pretest dan Posttest Kelas Eksperimen

No	Kode Siswa	Skor Pretest	Skor Posttest
1	E1	41	80
2	E2	33	69
3	E3	41	79
4	E4	63	88
5	E5	40	77
6	E6	37	74
7	E7	17	68
8	E8	15	60
9	E9	48	72
10	E10	54	78
11	E11	50	75
12	E12	69	84
13	E13	67	71
14	E14	31	76
15	E15	67	83
16	E16	65	81
17	E17	52	76

18	E18	50	71
19	E19	53	77
20	E20	54	75
21	E21	40	76
22	E22	50	74
23	E23	37	79
24	E24	44	81
25	E25	60	86
26	E26	48	70
27	E27	69	85
28	E28	25	69
29	E29	54	81
30	E30	32	73
31	E31	46	78
32	E32	52	90
Jumlah		1504	2417
Rata-rata		47	77
Nilai Tertinggi		69	90
Nilai Terendah		15	60

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa terjadi peningkatan keterampilan proses sains siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET*. Hal ini ditunjukkan oleh meningkatnya rata-rata skor siswa dari 47 pada saat pretest menjadi 77 pada saat posttest, sehingga terjadi peningkatan sebesar 30 poin.

Selain itu, nilai tertinggi siswa juga mengalami peningkatan dari 69 pada pretest menjadi 90 pada posttest. Demikian pula nilai terendah mengalami peningkatan dari 15 menjadi 60. Peningkatan pada nilai rata-rata, nilai tertinggi, dan nilai terendah menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET* mampu meningkatkan keterampilan proses sains hampir pada seluruh siswa di kelas eksperimen.

Secara deskriptif, hasil tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan simulasi virtual *PhET* memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan memungkinkan siswa terlibat secara aktif dalam kegiatan ilmiah, seperti mengamati, menguji, memprediksi, dan menyimpulkan hasil percobaan pada materi rangkaian listrik. Keterlibatan aktif tersebut diduga berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa.

Uji Normalitas di Kelas Eksperimen

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak sebagai salah satu syarat sebelum dilakukan pengujian hipotesis. Pada penelitian ini, pengujian normalitas dilakukan terhadap data pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen menggunakan uji Shapiro-Wilk dengan bantuan software IBM SPSS Statistics versi 25. Penggunaan uji Shapiro-Wilk dipilih karena jumlah sampel penelitian kurang dari 50 siswa, sehingga uji ini dinilai lebih tepat digunakan untuk menguji kenormalan data pada sampel berukuran kecil hingga sedang serta memiliki sensitivitas yang tinggi dalam mendeteksi penyimpangan distribusi normal (Sianturi, 2025). Hasil uji normalitas data pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Keterampilan Proses Sains pada Kelas Eksperimen

Keterampilan Proses Sains	Kelompok Data	Statistic	df	Sig.
Shapiro-Wilk	Kelas Eksperimen (Pretest)	0,969	32	0,464
	Kelas Eksperimen (Posttest)	0,987	32	0,955

Berdasarkan Tabel 2, hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data pretest keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,464. Nilai tersebut lebih besar daripada taraf signifikansi yang ditetapkan (0,05), sehingga H_0 diterima.

Dengan demikian, data pretest dinyatakan berdistribusi normal. Selanjutnya, hasil uji normalitas pada data posttest menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,955. Nilai tersebut juga lebih besar dari 0,05 sehingga H_0 diterima. Oleh karena itu, data posttest keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen dinyatakan berdistribusi normal. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa seluruh data keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen, baik pretest maupun posttest, telah memenuhi asumsi normalitas. Dengan terpenuhinya asumsi tersebut, data layak untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan uji statistik parametrik pada tahap pengujian berikutnya.

Uji Beda Rata-rata di Kelas Eksperimen

Uji beda rata-rata dilakukan untuk mengetahui perbedaan keterampilan proses sains siswa sebelum dan sesudah memperoleh perlakuan pada kelas eksperimen. Data yang digunakan dalam pengujian ini berupa skor pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa. Pemilihan jenis uji statistik didasarkan pada hasil uji normalitas data yang telah dilakukan sebelumnya. Apabila data berdistribusi normal, maka analisis dilakukan menggunakan *Paired Sample t-Test*. Sebaliknya, apabila salah satu data tidak berdistribusi normal, maka analisis dilakukan menggunakan uji nonparametrik *Wilcoxon Signed Rank Test*.

Berdasarkan hasil uji normalitas, diketahui bahwa tidak seluruh data memenuhi asumsi normalitas, sehingga pengujian perbedaan antara skor pretest dan posttest pada kelas eksperimen dilakukan menggunakan *Wilcoxon Signed Rank Test*. Uji ini bertujuan untuk mengetahui perubahan keterampilan proses sains siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET* pada materi rangkaian listrik. Pengujian dilakukan dengan bantuan software IBM SPSS Statistics versi 25. Hasil uji *Wilcoxon Signed Rank Test* pada kelas eksperimen disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Beda Rata-rata Keterampilan Proses Sains pada Kelas Eksperimen

Statistik Uji	Nilai
Z	-4,939
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji *Wilcoxon Signed Rank Test* menunjukkan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,000. Nilai tersebut lebih kecil daripada taraf signifikansi yang ditetapkan, yaitu 0,05 ($0,000 < 0,05$). Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara skor pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET* memberikan pengaruh terhadap keterampilan proses sains siswa. Peningkatan keterampilan proses sains siswa diduga terjadi karena penggunaan simulasi virtual *PhET* memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan kegiatan eksplorasi, pengamatan, percobaan, serta penyelidikan secara interaktif pada materi rangkaian listrik. Melalui aktivitas tersebut, siswa terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran sehingga keterampilan proses sains yang meliputi mengamati, memprediksi, mengklasifikasikan, mengomunikasikan, dan menyimpulkan dapat berkembang dengan lebih optimal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan simulasi virtual *PhET* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik di kelas eksperimen.

Perhitungan N-Gain di Kelas Eksperimen

Analisis *Normalized Gain* (N-Gain) dilakukan untuk mengetahui tingkat peningkatan keterampilan proses sains siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET*. Uji N-Gain digunakan untuk mengukur besarnya peningkatan hasil belajar siswa dengan membandingkan skor pretest dan posttest yang diperoleh setelah proses pembelajaran berlangsung (Fauzi et al., 2022). Perhitungan N-Gain pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel 2016 berdasarkan rata-rata skor pretest dan posttest siswa pada kelas

eksperimen. Hasil perhitungan N-Gain keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan N-Gain Keterampilan Proses Sains pada Kelas Eksperimen

Kelas	Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	Rata-rata N-Gain	Interpretasi
Eksperimen	47	77	0,56	Sedang

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh rata-rata skor N-Gain pada kelas eksperimen sebesar 0,56. Nilai tersebut berada pada rentang $0,3 \leq \text{N-Gain} \leq 0,7$ sehingga termasuk dalam kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan keterampilan proses sains siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET*. Peningkatan dengan kategori sedang mengindikasikan bahwa simulasi virtual *PhET* mampu memfasilitasi siswa dalam memahami konsep rangkaian listrik sekaligus mengembangkan keterampilan proses sains melalui aktivitas pengamatan, eksperimen virtual, pengujian hipotesis, dan penarikan kesimpulan. Selain itu, karakteristik simulasi yang interaktif dan visual memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi konsep-konsep abstrak secara lebih konkret sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Dengan demikian, penggunaan simulasi virtual *PhET* memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik dengan tingkat peningkatan berada pada kategori sedang.

Keterampilan Proses Sains Siswa Sebelum dan Sesudah Mengikuti Pembelajaran pada Kelas Kontrol

Selain pada kelas eksperimen, analisis data juga dilakukan pada kelas kontrol untuk mengetahui perubahan keterampilan proses sains siswa sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran. Analisis dilakukan terhadap hasil pretest dan posttest yang diperoleh siswa pada kelas kontrol. Hasil analisis ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai perubahan keterampilan proses sains siswa yang mengikuti pembelajaran tanpa menggunakan simulasi virtual *PhET*. Adapun hasil perolehan skor pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa pada kelas kontrol disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perolehan Nilai Pretest dan Posttest Kelas Kontrol

No	Kode Siswa	Skor Pretest	Skor Posttest
1	K1	58	56
2	K2	40	79
3	K3	55	62
4	K4	64	82
5	K5	54	70
6	K6	46	67
7	K7	67	83
8	K8	42	60
9	K9	35	50
10	K10	34	56
11	K11	30	58
12	K12	31	68
13	K13	42	69
14	K14	27	52
15	K15	52	58
16	K16	71	71
17	K17	19	57
18	K18	38	69
19	K19	32	70
20	K20	69	77
21	K21	15	67
22	K22	50	62

23	K23	35	73
24	K24	19	68
25	K25	21	71
26	K26	77	78
27	K27	71	85
28	K28	46	68
29	K29	58	73
30	K30	54	71
Jumlah		1383	2070
Rata-rata		46	69
Nilai Tertinggi		77	85
Nilai Terendah		15	50

Sberdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa rata-rata nilai posttest siswa pada kelas kontrol mengalami peningkatan dibandingkan dengan rata-rata nilai pretest. Rata-rata skor pretest sebesar 46 meningkat menjadi 69 pada posttest, sehingga diperoleh peningkatan sebesar 23 poin. Selain itu, nilai tertinggi siswa juga mengalami peningkatan dari 77 pada saat pretest menjadi 85 pada saat posttest. Demikian pula nilai terendah meningkat dari 15 menjadi 50. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan pada kelas kontrol juga mampu meningkatkan keterampilan proses sains siswa, meskipun peningkatan yang terjadi tidak sebesar peningkatan pada kelas eksperimen. Secara deskriptif, peningkatan keterampilan proses sains pada kelas kontrol diduga terjadi karena siswa tetap memperoleh pengalaman belajar melalui proses pembelajaran yang berlangsung di kelas. Namun, peningkatan yang diperoleh cenderung lebih rendah dibandingkan kelas eksperimen karena siswa tidak memperoleh pengalaman eksplorasi dan simulasi interaktif sebagaimana yang diberikan melalui penggunaan media virtual *PhET*. Meskipun demikian, peningkatan yang terjadi pada kelas kontrol masih perlu dianalisis lebih lanjut melalui pengujian statistik untuk mengetahui signifikansi perubahan yang terjadi. Oleh karena itu, dilakukan serangkaian pengujian statistik yang meliputi uji normalitas, uji homogenitas, uji beda rata-rata, dan perhitungan N-Gain.

Uji Normalitas di Kelas Kontrol

Uji normalitas dilakukan pada kelas kontrol untuk mengetahui apakah data pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa berdistribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dengan bantuan software IBM SPSS Statistics versi 25. Pemilihan uji *Shapiro-Wilk* didasarkan pada jumlah sampel penelitian yang kurang dari 50 siswa, sehingga uji ini dinilai lebih tepat digunakan untuk menguji kenormalan data pada sampel berukuran kecil hingga sedang. Hasil pengujian normalitas terhadap data pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa pada kelas kontrol disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Normalitas Keterampilan Proses Sains pada Kelas Kontrol

Keterampilan Proses Sains	Kelompok Data	Statistic	df	Sig.
Shapiro-Wilk	Kelas Kontrol (Pretest)	0,971	30	0,553
	Kelas Kontrol (Posttest)	0,970	30	0,550

Berdasarkan Tabel 6, hasil uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa data pretest keterampilan proses sains siswa pada kelas kontrol memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,553. Nilai tersebut lebih besar daripada taraf signifikansi yang ditetapkan, yaitu 0,05 ($0,553 > 0,05$). Dengan demikian, H_0 diterima sehingga data pretest dinyatakan berdistribusi normal. Selanjutnya, hasil uji normalitas terhadap data posttest menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,550. Nilai tersebut juga lebih besar dari 0,05 ($0,550 > 0,05$), sehingga H_0 diterima. Oleh karena itu, data posttest keterampilan proses sains siswa pada kelas kontrol dinyatakan berdistribusi normal. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa data pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa pada kelas kontrol telah memenuhi asumsi normalitas. Selain itu, hasil uji normalitas pada kelas kontrol menunjukkan

bahwa sebaran data keterampilan proses sains siswa cenderung mengikuti distribusi normal, sehingga perubahan skor yang terjadi setelah pembelajaran dapat dianalisis secara lebih akurat melalui pengujian statistik lanjutan.

Uji Beda Rata-rata di Kelas Kontrol

Uji beda rata-rata pada kelas kontrol dilakukan untuk mengetahui perubahan keterampilan proses sains siswa sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran. Analisis ini menggunakan data hasil pretest dan posttest yang diperoleh siswa pada kelas kontrol. Berdasarkan hasil uji normalitas yang telah dilakukan sebelumnya, data pretest dan posttest pada kelas kontrol dinyatakan berdistribusi normal. Selain itu, kedua data tersebut berasal dari subjek yang sama, sehingga pengujian perbedaan rata-rata dilakukan menggunakan *Paired Sample t-Test*. Pengujian dilakukan menggunakan bantuan software IBM SPSS Statistics versi 25. Hasil uji *Paired Sample t-Test* pada kelas kontrol disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Beda Rata-rata Keterampilan Proses Sains pada Kelas Kontrol

Pasangan Data	t	df	Sig. (2-tailed)
Pretest Kelas Kontrol - Posttest Kelas Kontrol	-9,842	29	0,000

Berdasarkan Tabel 7 diperoleh nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,000. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan taraf signifikansi yang telah ditetapkan, yaitu 0,05 ($0,000 < 0,05$). Oleh karena itu, H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa pada kelas kontrol. Dengan demikian, pembelajaran yang diterapkan pada kelas kontrol juga memberikan pengaruh terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa. Meskipun terjadi peningkatan yang signifikan, peningkatan pada kelas kontrol diduga disebabkan oleh proses pembelajaran yang tetap berlangsung secara sistematis dan memberikan kesempatan kepada siswa untuk memperoleh pemahaman mengenai materi rangkaian listrik. Namun, peningkatan tersebut secara deskriptif masih lebih rendah dibandingkan dengan kelas eksperimen yang menggunakan simulasi virtual *PhET*. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan media pembelajaran interaktif berpotensi memberikan hasil yang lebih optimal dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran pada kelas kontrol mampu meningkatkan keterampilan proses sains siswa secara signifikan, meskipun tingkat peningkatannya perlu dibandingkan lebih lanjut dengan kelas eksperimen melalui analisis antar kelompok.

Perhitungan N-Gain di Kelas Kontrol

Analisis *Normalized Gain* (N-Gain) pada kelas kontrol dilakukan untuk mengetahui tingkat peningkatan keterampilan proses sains siswa setelah mengikuti proses pembelajaran. Perhitungan N-Gain digunakan untuk membandingkan skor pretest dan posttest sehingga dapat diketahui besarnya peningkatan keterampilan proses sains yang terjadi setelah pembelajaran berlangsung. Perhitungan N-Gain dilakukan berdasarkan rata-rata skor pretest dan posttest siswa pada kelas kontrol. Hasil perhitungan N-Gain keterampilan proses sains siswa pada kelas kontrol disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan N-Gain Keterampilan Proses Sains pada Kelas Kontrol

Kelas	Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	Rata-rata N-Gain	Interpretasi
Kontrol	46	69	0,38	Sedang

Berdasarkan Tabel 8, diperoleh rata-rata skor N-Gain pada kelas kontrol sebesar 0,38. Nilai tersebut berada pada rentang $0,3 \leq \text{N-Gain} \leq 0,7$ sehingga termasuk dalam kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan pada kelas kontrol mampu meningkatkan keterampilan proses sains siswa setelah proses pembelajaran berlangsung. Meskipun demikian, tingkat peningkatan yang diperoleh masih berada pada kategori sedang. Peningkatan tersebut diduga terjadi karena siswa tetap memperoleh pengalaman belajar melalui kegiatan pembelajaran yang dilaksanakan di kelas, sehingga pemahaman terhadap

materi rangkaian listrik dan keterampilan proses sains siswa mengalami perkembangan. Apabila dibandingkan secara deskriptif dengan kelas eksperimen, rata-rata N-Gain pada kelas kontrol (0,38) lebih rendah dibandingkan rata-rata N-Gain pada kelas eksperimen (0,56). Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET* memberikan peningkatan keterampilan proses sains yang lebih baik dibandingkan pembelajaran yang diterapkan pada kelas kontrol. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran pada kelas kontrol mampu meningkatkan keterampilan proses sains siswa, namun tingkat peningkatan yang diperoleh masih lebih rendah dibandingkan kelas yang menggunakan simulasi virtual *PhET*.

Perbedaan Pengaruh Peningkatan Keterampilan Proses Sains Siswa pada Materi Rangkaian Listrik antara Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Pada bagian ini dilakukan analisis perbandingan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mengetahui perbedaan peningkatan keterampilan proses sains siswa setelah mengikuti pembelajaran dengan perlakuan yang berbeda. Kelas eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET*, sedangkan kelas kontrol mengikuti pembelajaran menggunakan video pembelajaran. Rekapitulasi hasil pretest dan posttest keterampilan proses sains siswa pada kedua kelas disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Pretest dan Posttest Keterampilan Proses Sains Siswa pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Kemampuan	Kelas Eksperimen				Kelas Kontrol			
	N	Nilai Terendah	Nilai Tertinggi	Rata-rata	N	Nilai Terendah	Nilai Tertinggi	Rata-rata
Kemampuan Awal (Pretest)	32	15	69	47	30	15	77	46
Kemampuan Akhir (Posttest)	32	60	90	77	30	50	85	69

Berdasarkan Tabel 9, diketahui bahwa rata-rata kemampuan awal keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol relatif tidak berbeda, yaitu masing-masing sebesar 47 dan 46. Namun, setelah diberikan perlakuan, rata-rata kemampuan akhir pada kelas eksperimen meningkat menjadi 77, sedangkan pada kelas kontrol meningkat menjadi 69. Secara deskriptif, hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

Kemampuan Awal

Uji Normalitas Pretest di Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Uji normalitas terhadap data pretest dilakukan untuk mengetahui apakah kemampuan awal keterampilan proses sains siswa pada kedua kelas berdistribusi normal atau tidak. Hasil uji normalitas data pretest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol telah disajikan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.8. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diperoleh nilai signifikansi pretest kelas eksperimen sebesar 0,464 dan nilai signifikansi pretest kelas kontrol sebesar 0,553. Kedua nilai tersebut lebih besar dari taraf signifikansi 0,05, sehingga H_0 diterima. Dengan demikian, data pretest pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol dinyatakan berdistribusi normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan awal keterampilan proses sains siswa pada kedua kelas memiliki sebaran data yang normal, sehingga analisis dapat dilanjutkan pada tahap uji homogenitas sebagai salah satu syarat pengujian hipotesis.

Uji Homogenitas Pretest di Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah kemampuan awal keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki varians yang sama atau homogen. Pengujian ini dilakukan sebagai salah satu uji prasyarat sebelum dilakukan pengujian hipotesis. Hasil uji homogenitas data pretest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji Homogenitas Pretest di Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,223	1	60	0,078

Berdasarkan Tabel 10, diperoleh nilai signifikansi hasil uji homogenitas sebesar 0,078. Nilai tersebut lebih besar daripada taraf signifikansi 0,05 ($0,078 > 0,05$), sehingga H_0 diterima. Dengan demikian, varians data pretest keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dinyatakan homogen. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan awal keterampilan proses sains siswa pada kedua kelas memiliki keragaman yang relatif sama. Dengan terpenuhinya asumsi homogenitas, maka kedua kelompok penelitian dapat dianggap memiliki kondisi awal yang setara sehingga layak digunakan untuk pengujian hipotesis pada tahap berikutnya. Kesetaraan kemampuan awal antara kedua kelompok menjadi dasar penting dalam penelitian eksperimen karena memungkinkan perbedaan hasil yang muncul pada akhir pembelajaran lebih dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan, yaitu penggunaan simulasi virtual *PhET* pada kelas eksperimen.

Uji Beda Rata-rata Pretest di Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Data pretest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol telah dinyatakan berdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen. Selain itu, data tersebut berasal dari dua kelompok yang berbeda, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Oleh karena itu, pengujian perbedaan rata-rata yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Independent Sample t-Test*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kemampuan awal keterampilan proses sains siswa pada kedua kelas sebelum diberikan perlakuan. Hasil uji beda rata-rata pretest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Uji Beda Rata-rata Pretest di Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means								
F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference		Lower	Upper	
2,064	0,156	-0,483	60	0,631	-1,933	4,001		-9,937	6,070	

Berdasarkan Tabel 11, diperoleh nilai signifikansi Levene's Test sebesar 0,156. Nilai tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa varians data pretest pada kedua kelompok bersifat homogen. Selanjutnya, hasil *Independent Sample t-Test* menunjukkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,631. Nilai tersebut lebih besar daripada taraf signifikansi 0,05 ($0,631 > 0,05$), sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan antara nilai pretest kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dengan demikian, kemampuan awal keterampilan proses sains siswa pada kedua kelas berada pada kondisi yang relatif sama sebelum diberikan perlakuan pembelajaran. Kesetaraan kemampuan awal tersebut menunjukkan bahwa kedua kelompok penelitian memiliki karakteristik yang sebanding sehingga perbedaan hasil yang diperoleh setelah perlakuan dapat lebih diyakini sebagai akibat dari perbedaan perlakuan pembelajaran yang diberikan.

Kemampuan Akhir

Berdasarkan hasil pengujian kemampuan awal, diketahui bahwa kemampuan awal keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak berbeda secara signifikan. Oleh karena itu, perbandingan kemampuan akhir melalui skor posttest dapat digunakan untuk mengetahui efektivitas penggunaan simulasi virtual *PhET* dibandingkan dengan video pembelajaran. Selain itu, untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai peningkatan keterampilan proses sains siswa, analisis juga dilakukan melalui perhitungan N-Gain pada masing-masing kelompok. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui besarnya peningkatan keterampilan proses sains yang terjadi setelah siswa mengikuti proses pembelajaran.

Uji Beda Rata-rata Posttest Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Data posttest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol telah dinyatakan berdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen. Selain itu, data tersebut berasal dari dua kelompok yang berbeda, sehingga pengujian perbedaan rata-rata dilakukan menggunakan *Independent Sample t-Test*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kemampuan akhir keterampilan proses sains siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah diberikan perlakuan yang berbeda. Hasil uji beda rata-rata posttest pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Uji Beda Rata-rata Posttest Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper	
3,302	0,074	4,574	60	0,000	9,115	1,994	5,127	13,102	

Berdasarkan Tabel 12, diperoleh nilai signifikansi Levene's Test sebesar 0,074. Nilai tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga varians data posttest pada kedua kelompok dinyatakan homogen. Selanjutnya, hasil *Independent Sample t-Test* menunjukkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,000. Nilai tersebut lebih kecil daripada taraf signifikansi 0,05 ($0,000 < 0,05$), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata kemampuan akhir keterampilan proses sains siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah mengikuti pembelajaran. Nilai *Mean Difference* sebesar 9,115 menunjukkan bahwa rata-rata skor posttest kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan simulasi virtual *PhET* memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan penggunaan video pembelajaran dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik di kelas V sekolah dasar. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis simulasi virtual mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, sehingga siswa dapat lebih aktif melakukan observasi, eksperimen, dan eksplorasi konsep-konsep kelistrikan.

Perhitungan N-Gain di Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Perhitungan *Normalized Gain* (N-Gain) digunakan untuk mengetahui besarnya peningkatan keterampilan proses sains siswa setelah mengikuti pembelajaran. Nilai N-Gain diperoleh melalui perbandingan antara skor pretest dan posttest, sehingga dapat menggambarkan tingkat peningkatan yang terjadi setelah siswa memperoleh perlakuan pembelajaran. Hasil perhitungan N-Gain pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada berikut.

Tabel 13. Rekapitulasi Hasil Perhitungan N-Gain Kelas Eksperimen

Statistik	Nilai
Jumlah Siswa	32
Rata-rata Pretest	47
Rata-rata Posttest	76
Rata-rata N-Gain	0,55
N-Gain Tertinggi	0,79
N-Gain Terendah	0,12
Kategori	Sedang

Berdasarkan Tabel 13, diketahui bahwa nilai N-Gain tertinggi pada kelas eksperimen sebesar 0,79 yang termasuk dalam kategori tinggi, sedangkan nilai N-Gain terendah sebesar 0,12 yang termasuk kategori rendah. Rata-rata N-Gain yang diperoleh siswa pada kelas eksperimen sebesar 0,55 sehingga termasuk ke dalam kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa

keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik mengalami peningkatan setelah mengikuti pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET*. Selain itu, berdasarkan distribusi kategori N-Gain, terdapat 1 siswa (3,13%) yang memperoleh kategori tinggi, 30 siswa (93,75%) memperoleh kategori sedang, dan 1 siswa (3,13%) memperoleh kategori rendah. Temuan tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar siswa pada kelas eksperimen mengalami peningkatan keterampilan proses sains pada kategori sedang hingga tinggi. Selanjutnya, dilakukan perhitungan N-Gain pada kelas kontrol untuk mengetahui tingkat peningkatan keterampilan proses sains siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan media video pembelajaran. Hasil perhitungan N-Gain pada kelas kontrol disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Perhitungan N-Gain Kelas Kontrol

Statistik	Nilai
Jumlah Siswa	30
Rata-rata Pretest	46
Rata-rata Posttest	68
Rata-rata N-Gain	0,37
N-Gain Tertinggi	0,65
N-Gain Terendah	-0,04
Kategori	Sedang

Berdasarkan Tabel 14, diketahui bahwa nilai N-Gain tertinggi pada kelas kontrol sebesar 0,65 yang termasuk dalam kategori sedang, sedangkan nilai N-Gain terendah sebesar -0,04 yang termasuk kategori rendah. Rata-rata N-Gain yang diperoleh siswa pada kelas kontrol sebesar 0,37 sehingga termasuk dalam kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan video pembelajaran juga mampu meningkatkan keterampilan proses sains siswa, meskipun peningkatannya tidak setinggi kelas eksperimen. Berdasarkan distribusi kategori N-Gain, tidak terdapat siswa yang memperoleh kategori tinggi, sebanyak 22 siswa (73,33%) memperoleh kategori sedang, dan 8 siswa (26,67%) memperoleh kategori rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan proses sains pada kelas kontrol cenderung lebih rendah dibandingkan kelas eksperimen. Perbedaan peningkatan keterampilan proses sains antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat dari rata-rata nilai N-Gain yang diperoleh. Rata-rata N-Gain pada kelas eksperimen sebesar 0,55, sedangkan rata-rata N-Gain pada kelas kontrol sebesar 0,37. Meskipun kedua kelas sama-sama berada pada kategori sedang, nilai rata-rata N-Gain kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Selain itu, distribusi kategori N-Gain pada kelas eksperimen juga menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan kelas kontrol. Pada kelas eksperimen terdapat siswa yang mencapai kategori tinggi dan hanya satu siswa yang berada pada kategori rendah, sedangkan pada kelas kontrol tidak terdapat siswa yang mencapai kategori tinggi dan masih terdapat delapan siswa pada kategori rendah. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan simulasi virtual *PhET* memberikan peningkatan keterampilan proses sains yang lebih baik dibandingkan penggunaan video pembelajaran. Namun demikian, perbedaan rata-rata N-Gain antara kedua kelas tersebut belum dapat dijadikan dasar untuk menyimpulkan adanya perbedaan pengaruh secara signifikan. Oleh karena itu, diperlukan pengujian statistik lebih lanjut untuk membuktikan apakah peningkatan keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen berbeda secara signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol.

Uji Normalitas N-Gain di Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Uji normalitas dilakukan terhadap data N-Gain pada kelas eksperimen dan kelas kontrol untuk mengetahui apakah data peningkatan keterampilan proses sains siswa berdistribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas dalam penelitian ini menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dengan bantuan software IBM SPSS Statistics versi 25. Uji *Shapiro-Wilk* dipilih karena jumlah sampel penelitian kurang dari 50 siswa sehingga sesuai digunakan untuk menguji kenormalan

data pada sampel berukuran kecil hingga sedang. Hasil uji normalitas data N-Gain pada kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Uji Normalitas N-Gain di Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Variabel	Kelas	Statistic	df	Sig.
Keterampilan Proses Sains (N-Gain)	Eksperimen	0,881	32	0,002
	Kontrol	0,950	30	0,166

Berdasarkan Tabel 15, diperoleh nilai signifikansi hasil uji normalitas N-Gain pada kelas eksperimen sebesar 0,002. Nilai tersebut lebih kecil daripada taraf signifikansi 0,05 ($0,002 < 0,05$), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, data N-Gain pada kelas eksperimen dinyatakan tidak berdistribusi normal. Sementara itu, nilai signifikansi N-Gain pada kelas kontrol sebesar 0,166. Nilai tersebut lebih besar dari 0,05 ($0,166 > 0,05$), sehingga H_0 diterima dan data N-Gain pada kelas kontrol dinyatakan berdistribusi normal. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diketahui bahwa salah satu kelompok data N-Gain tidak berdistribusi normal. Oleh karena itu, asumsi normalitas tidak terpenuhi sehingga pengujian hipotesis untuk mengetahui perbedaan peningkatan keterampilan proses sains siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dilakukan menggunakan uji nonparametrik *Mann-Whitney U Test*.

Uji Beda Rata-rata N-Gain Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Uji beda rata-rata N-Gain dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan peningkatan keterampilan proses sains antara kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah diberikan perlakuan pembelajaran yang berbeda. Berdasarkan hasil uji normalitas sebelumnya, diketahui bahwa salah satu kelompok data N-Gain tidak berdistribusi normal. Oleh karena itu, pengujian perbedaan rata-rata dilakukan menggunakan *Mann-Whitney U Test* sebagai alternatif uji nonparametrik untuk membandingkan dua kelompok independen. Hasil pengujian perbedaan rata-rata N-Gain antara kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Uji Beda Rata-rata N-Gain di Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Statistik Uji	Nilai
Mann-Whitney U	197,000
Wilcoxon W	662,000
Z	-3,990
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

Berdasarkan Tabel 16 diperoleh nilai *Mann-Whitney U* sebesar 197,000, nilai *Wilcoxon W* sebesar 662,000, dan nilai *Z* sebesar -3,990. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,000. Nilai tersebut lebih kecil daripada taraf signifikansi yang ditetapkan, yaitu 0,05 ($0,000 < 0,05$), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada peningkatan keterampilan proses sains siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan simulasi virtual *PhET* memberikan pengaruh yang berbeda dibandingkan penggunaan media video pembelajaran terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa. Temuan ini didukung oleh hasil perhitungan N-Gain yang menunjukkan bahwa rata-rata N-Gain pada kelas eksperimen sebesar 0,55, sedangkan rata-rata N-Gain pada kelas kontrol sebesar 0,37. Meskipun kedua kelas sama-sama berada pada kategori sedang, nilai rata-rata N-Gain kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Selain itu, distribusi kategori N-Gain pada kelas eksperimen juga menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan kelas kontrol. Dengan demikian, penggunaan simulasi virtual *PhET* terbukti lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik dibandingkan dengan pembelajaran menggunakan media video pembelajaran. Berdasarkan keseluruhan hasil analisis statistik, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh penggunaan simulasi virtual *PhET* terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik di kelas V sekolah dasar. Oleh karena itu, hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa terdapat pengaruh penggunaan simulasi virtual *PhET* terhadap keterampilan proses sains siswa diterima.

Pembahasan

Pelaksanaan Pembelajaran dengan Menggunakan Virtual *PhET* pada Materi Rangkaian Listrik di Kelas Eksperimen

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan pembelajaran menggunakan model inkuiri berbantuan simulasi virtual *PhET* pada materi rangkaian listrik di kelas eksperimen berlangsung dengan sangat baik. Hal tersebut dibuktikan berdasarkan hasil observasi aktivitas guru yang memperoleh persentase sebesar 97% dan aktivitas siswa sebesar 91%. Berdasarkan kriteria interpretasi keterlaksanaan pembelajaran, kedua persentase tersebut termasuk dalam kategori sangat baik. Temuan ini menunjukkan bahwa seluruh tahapan pembelajaran inkuiri yang meliputi orientasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengumpulan data, pengujian hipotesis, dan penarikan kesimpulan dapat dilaksanakan secara optimal selama proses pembelajaran berlangsung.

Tingginya keterlaksanaan pembelajaran menunjukkan bahwa model inkuiri yang dipadukan dengan simulasi virtual *PhET* mampu menciptakan pembelajaran yang lebih aktif, interaktif, dan berpusat pada siswa. Model inkuiri menempatkan siswa sebagai subjek belajar yang secara aktif terlibat dalam proses penyelidikan untuk menemukan konsep melalui pengalaman belajar secara langsung. Kondisi tersebut sejalan dengan teori konstruktivisme yang menyatakan bahwa pengetahuan akan lebih bermakna apabila dibangun sendiri oleh siswa melalui pengalaman dan interaksi dengan lingkungan belajar (Fitriani & Cahyaningsih, 2023).

Pada tahap orientasi, siswa diarahkan untuk mengamati berbagai fenomena yang berkaitan dengan penggunaan listrik dalam kehidupan sehari-hari. Kegiatan ini bertujuan untuk membangun pengetahuan awal sekaligus memunculkan rasa ingin tahu siswa terhadap materi yang akan dipelajari. Selanjutnya, siswa dibimbing untuk merumuskan hipotesis berdasarkan permasalahan yang diberikan sebelum melakukan eksplorasi menggunakan simulasi virtual *PhET*. Menurut Pusparani dan Rahmiati (2023), simulasi *PhET* merupakan media pembelajaran interaktif yang dapat membantu siswa melakukan eksperimen virtual secara mandiri sehingga konsep-konsep abstrak, khususnya pada materi kelistrikan, menjadi lebih mudah dipahami.

Pada tahap pengumpulan dan pengolahan data, siswa menggunakan simulasi virtual *PhET* untuk menyusun berbagai bentuk rangkaian listrik serta mengamati hubungan antar komponen listrik, seperti baterai, kabel, lampu, dan sakelar. Melalui simulasi tersebut, siswa dapat mengamati secara langsung perubahan yang terjadi ketika suatu komponen ditambahkan, diubah, atau dihilangkan dari rangkaian. Kegiatan tersebut memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar yang bersifat konkret meskipun dilakukan dalam lingkungan virtual. Menurut Giawa (2023), pembelajaran yang melibatkan siswa secara langsung dalam proses menemukan konsep melalui kegiatan penyelidikan mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan keterlibatan siswa selama pembelajaran.

Selain membantu siswa memahami konsep rangkaian listrik, penggunaan model inkuiri berbantuan simulasi virtual *PhET* juga mendukung pengembangan keterampilan proses sains siswa. Selama proses pembelajaran, siswa melakukan berbagai aktivitas ilmiah seperti mengamati fenomena, mengklasifikasikan komponen rangkaian listrik, memprediksi hasil percobaan, mengomunikasikan hasil diskusi, serta menarik kesimpulan berdasarkan hasil penyelidikan yang dilakukan. Aktivitas tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga memfasilitasi pengembangan keterampilan ilmiah siswa. Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Narulita et al. (2024) yang menyatakan bahwa penggunaan simulasi *PhET* mampu meningkatkan partisipasi aktif siswa, mendorong keterampilan berpikir ilmiah, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna.

Keunggulan lain dari simulasi virtual *PhET* adalah kemampuannya dalam menyediakan lingkungan belajar yang fleksibel dan aman. Siswa dapat melakukan percobaan berulang kali tanpa dibatasi oleh ketersediaan alat, bahan, maupun risiko kerusakan alat praktikum. Selain itu, simulasi *PhET* memberikan umpan balik secara langsung terhadap setiap tindakan yang dilakukan siswa sehingga proses pengujian hipotesis dapat berlangsung secara lebih efektif.

Facilities tersebut memungkinkan siswa untuk melakukan eksplorasi secara mandiri dan membangun pemahaman konseptual berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan. Menurut Wieman et al. (2010), simulasi *PhET* dirancang untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak menjadi lebih konkret melalui interaksi langsung, sehingga mampu meningkatkan keterlibatan siswa dan kualitas pembelajaran sains.

Hasil penelitian ini juga mendukung temuan Fitriani dan Cahyaningsih (2023) yang menyatakan bahwa model pembelajaran inkuiri berbantuan media interaktif dapat meningkatkan keterlibatan siswa selama pembelajaran karena siswa berperan aktif dalam setiap tahapan pembelajaran. Pembelajaran yang berpusat pada siswa memberikan kesempatan yang lebih luas bagi siswa untuk melakukan eksplorasi, berdiskusi, dan memecahkan masalah secara mandiri sehingga suasana belajar menjadi lebih bermakna.

Berdasarkan hasil observasi dan kajian teoritis yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran menggunakan model inkuiri berbantuan simulasi virtual *PhET* pada materi rangkaian listrik terlaksana dengan sangat baik. Model pembelajaran ini mampu menciptakan suasana belajar yang aktif, interaktif, dan berpusat pada siswa serta mendukung keterlibatan siswa dalam kegiatan penyelidikan ilmiah. Oleh karena itu, model inkuiri berbantuan simulasi virtual *PhET* dapat dijadikan sebagai alternatif pembelajaran IPAS di sekolah dasar, khususnya pada materi yang bersifat abstrak seperti rangkaian listrik.

Keterampilan Proses Sains Siswa Sebelum dan Sesudah Mengikuti Pembelajaran pada Kelas Eksperimen

Berdasarkan hasil penelitian, keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen mengalami peningkatan setelah mengikuti pembelajaran menggunakan model inkuiri berbantuan simulasi virtual *PhET* pada materi rangkaian listrik. Hal tersebut ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata skor pretest dari 47 menjadi 77 pada posttest, sehingga terjadi peningkatan sebesar 30 poin. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa setelah mengikuti pembelajaran, siswa mampu menunjukkan keterampilan proses sains yang lebih baik dibandingkan sebelum mengikuti pembelajaran. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang memanfaatkan laboratorium virtual dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan proses sains melalui aktivitas belajar yang lebih aktif, kontekstual, dan bermakna (Lestari, 2024).

Peningkatan keterampilan proses sains siswa juga diperkuat oleh hasil analisis statistik. Hasil uji Wilcoxon menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara keterampilan proses sains siswa sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran menggunakan model inkuiri berbantuan simulasi virtual *PhET*. Selain itu, hasil analisis N-Gain menunjukkan rata-rata sebesar 0,55 yang termasuk dalam kategori sedang. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan simulasi virtual *PhET* mampu meningkatkan keterampilan proses sains siswa secara efektif pada materi rangkaian listrik.

Peningkatan keterampilan proses sains siswa terjadi karena selama pembelajaran siswa terlibat secara aktif dalam kegiatan penyelidikan ilmiah. Melalui simulasi *PhET*, siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi terlibat langsung dalam kegiatan mengamati, merumuskan hipotesis, melakukan percobaan, mengumpulkan data, serta menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan. Keterlibatan aktif tersebut sesuai dengan teori konstruktivisme yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman belajar dan interaksi langsung dengan lingkungan belajar (Piaget, 1970). Pembelajaran berbasis inkuiri memungkinkan siswa membangun pemahamannya sendiri melalui proses eksplorasi dan penemuan konsep secara mandiri.

Selama proses pembelajaran, siswa melakukan pengamatan terhadap berbagai komponen rangkaian listrik, seperti baterai, kabel, lampu, dan sakelar melalui simulasi virtual *PhET*. Siswa juga menguji berbagai susunan rangkaian listrik serta mengamati perubahan yang terjadi ketika suatu komponen ditambahkan atau dihilangkan dari rangkaian. Kegiatan tersebut

memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar secara langsung dalam menemukan konsep-konsep kelistrikan yang bersifat abstrak. Wardani dan Rosdiana (2022) menjelaskan bahwa penggunaan simulasi *PhET* yang dipadukan dengan model inkuiri terbimbing dapat meningkatkan keterampilan proses sains karena siswa terlibat secara aktif dalam kegiatan observasi, eksperimen, dan penarikan kesimpulan.

Peningkatan keterampilan proses sains juga tampak pada berbagai indikator yang diamati selama penelitian. Siswa menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam mengamati fenomena, mengklasifikasikan komponen rangkaian listrik berdasarkan fungsinya, memprediksi hasil percobaan, mengomunikasikan hasil diskusi kelompok, serta menyimpulkan hasil penyelidikan yang telah dilakukan. Melalui aktivitas tersebut, siswa tidak hanya memahami konsep rangkaian listrik, tetapi juga berlatih menggunakan keterampilan ilmiah untuk memecahkan masalah. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Angelia, Supeno, dan Suparti (2022) yang menyatakan bahwa keterampilan proses sains siswa sekolah dasar dapat berkembang secara optimal melalui pembelajaran yang melibatkan kegiatan penyelidikan ilmiah secara aktif.

Keterampilan proses sains yang berkembang selama pembelajaran mencakup kemampuan mengamati, mengklasifikasikan, memprediksi, mengomunikasikan, dan menyimpulkan hasil percobaan. Kemampuan tersebut tampak ketika siswa melakukan eksplorasi berbagai bentuk rangkaian listrik melalui simulasi *PhET* dan menganalisis hasil yang diperoleh dari setiap percobaan. Aprilia, Profithasari, Izzatika, dan Khairani (2026) menyatakan bahwa pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat secara langsung dalam proses penyelidikan dapat mendukung perkembangan keterampilan proses sains secara lebih optimal.

Selain itu, penggunaan simulasi *PhET* menyediakan lingkungan belajar yang interaktif dan fleksibel karena siswa dapat melakukan percobaan secara berulang tanpa keterbatasan alat maupun bahan praktikum. Siswa juga memperoleh umpan balik secara langsung dari setiap tindakan yang dilakukan selama simulasi berlangsung. Kondisi tersebut mendorong siswa untuk lebih aktif melakukan investigasi, menguji hipotesis yang telah disusun, serta merevisi pemahamannya berdasarkan data yang diperoleh. Nisa' dan Purnomo (2026) menyatakan bahwa simulasi *PhET* efektif dalam mendukung pengembangan keterampilan proses sains karena mampu memberikan pengalaman eksperimen yang lebih fleksibel, aman, dan bermakna.

Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Wardani dan Rosdiana (2022) yang menunjukkan bahwa penggunaan simulasi *PhET* yang dipadukan dengan model inkuiri terbimbing mampu meningkatkan keterampilan proses sains siswa melalui kegiatan observasi, eksperimen, dan penarikan kesimpulan. Penelitian Angelia, Supeno, dan Suparti (2022) juga melaporkan bahwa keterampilan proses sains siswa dapat berkembang secara optimal apabila pembelajaran melibatkan aktivitas penyelidikan ilmiah secara aktif. Selain itu, penelitian Lestari (2024) menunjukkan bahwa pemanfaatan laboratorium virtual dalam pembelajaran IPA mampu meningkatkan aktivitas belajar dan keterampilan proses sains siswa sekolah dasar.

Secara keseluruhan, keterampilan proses sains siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan model inkuiri berbantuan simulasi virtual *PhET* menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan sebelum mengikuti pembelajaran. Peningkatan tersebut terlihat dari berkembangnya kemampuan siswa dalam melakukan kegiatan ilmiah, seperti mengamati, mengklasifikasikan, memprediksi, mengomunikasikan, dan menyimpulkan hasil percobaan. Dengan demikian, simulasi virtual *PhET* yang dipadukan dengan model inkuiri dapat menjadi alternatif pembelajaran IPAS yang efektif pada materi rangkaian listrik karena mampu membantu siswa mengembangkan keterampilan proses sains melalui pengalaman belajar yang aktif, interaktif, dan bermakna.

Keterampilan Proses Sains Siswa Sebelum dan Sesudah Mengikuti Pembelajaran pada Kelas Kontrol

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan model inkuiri berbantuan video pembelajaran pada kelas kontrol mampu meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Peningkatan tersebut terlihat dari rata-rata nilai pretest sebesar 46 yang meningkat menjadi 69 pada posttest, sehingga terjadi peningkatan sebesar 23 poin. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan pada kelas kontrol tetap memberikan kontribusi terhadap perkembangan keterampilan proses sains siswa. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa model inkuiri yang dipadukan dengan media video pembelajaran dapat membantu siswa memahami konsep rangkaian listrik sekaligus melatih keterampilan ilmiah melalui aktivitas pembelajaran yang terstruktur.

Peningkatan keterampilan proses sains siswa pada kelas kontrol juga didukung oleh hasil analisis statistik. Hasil uji *Paired Sample t-Test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara keterampilan proses sains siswa sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran pada kelas kontrol. Selain itu, hasil perhitungan N-Gain menunjukkan nilai rata-rata sebesar 0,37 yang termasuk dalam kategori sedang. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan model inkuiri berbantuan video pembelajaran memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Putri, Mustikaati, dan Hikmatunisa (2024) yang menyatakan bahwa penerapan model inkuiri dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada pembelajaran IPAS di sekolah dasar.

Peningkatan keterampilan proses sains pada kelas kontrol dipengaruhi oleh penggunaan video pembelajaran yang membantu siswa mengamati fenomena yang berkaitan dengan materi rangkaian listrik secara lebih jelas. Melalui tayangan video, siswa dapat mengamati fungsi berbagai komponen listrik, hubungan antar komponen dalam suatu rangkaian, serta proses mengalirnya arus listrik yang sulit diamati secara langsung di dalam kelas. Media video memungkinkan siswa memperoleh representasi visual yang lebih konkret mengenai konsep-konsep abstrak sehingga membantu meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi yang dipelajari. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian Dita Rahayu, Cucun Sunaengsih, dan Atep Sujana (2025) yang menyatakan bahwa media video dapat membantu menyajikan konsep yang abstrak menjadi lebih konkret sehingga memudahkan siswa dalam memahami materi pembelajaran. Menurut Arsyad (2019), media audiovisual mampu menggabungkan unsur suara dan gambar sehingga dapat meningkatkan perhatian, motivasi, dan pemahaman siswa terhadap materi pembelajaran.

Selama proses pembelajaran berlangsung, siswa tidak hanya menyaksikan video yang ditampilkan oleh guru, tetapi juga terlibat dalam berbagai aktivitas pembelajaran, seperti berdiskusi, menjawab pertanyaan, mengidentifikasi komponen rangkaian listrik, serta menyampaikan hasil pengamatan berdasarkan informasi yang diperoleh dari video. Aktivitas tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk melatih kemampuan mengumpulkan informasi, mengelompokkan data, mengomunikasikan hasil pengamatan, dan menarik kesimpulan berdasarkan fakta yang ditemukan selama pembelajaran. Menurut Rustaman (2005), keterampilan proses sains merupakan keterampilan yang diperlukan untuk memperoleh, mengembangkan, dan menerapkan pengetahuan melalui kegiatan ilmiah. Oleh karena itu, keterlibatan siswa dalam aktivitas ilmiah selama pembelajaran dapat mendukung perkembangan keterampilan proses sains.

Meskipun demikian, peningkatan keterampilan proses sains pada kelas kontrol belum berkembang secara optimal apabila dibandingkan dengan kelas eksperimen. Hal ini terlihat dari rata-rata N-Gain kelas kontrol yang sebesar 0,37, lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata N-Gain kelas eksperimen yang mencapai 0,55. Selain itu, hasil uji *Mann-Whitney U Test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$, yang berarti terdapat perbedaan peningkatan keterampilan proses sains yang signifikan antara kedua kelas. Temuan tersebut menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan simulasi virtual *PhET* memperoleh peningkatan keterampilan proses sains yang lebih tinggi dibandingkan siswa yang belajar

menggunakan video pembelajaran. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Anriani, Saenab, dan Arsyad (2025) yang menyatakan bahwa peserta didik yang belajar menggunakan *PhET Simulation* memiliki keterampilan proses sains yang lebih tinggi dibandingkan peserta didik yang belajar menggunakan media video.

Perbedaan tersebut diduga terjadi karena pada kelas kontrol siswa memperoleh pengalaman belajar melalui pengamatan video tanpa melakukan penyelidikan dan eksperimen secara langsung. Akibatnya, beberapa indikator keterampilan proses sains, seperti merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, mengontrol variabel, dan menguji prediksi, belum berkembang secara maksimal. Berbeda dengan kelas eksperimen yang memungkinkan siswa melakukan eksplorasi secara langsung melalui simulasi virtual, siswa pada kelas kontrol cenderung berperan sebagai pengamat sehingga kesempatan untuk melakukan investigasi secara mandiri menjadi lebih terbatas.

Meskipun demikian, penggunaan video pembelajaran tetap memberikan dampak positif dalam mendukung pelaksanaan model inkuiri dan membantu siswa memahami materi rangkaian listrik. Video pembelajaran mampu menyajikan informasi secara menarik, konkret, dan mudah dipahami sehingga dapat meningkatkan perhatian dan keterlibatan siswa selama pembelajaran berlangsung. Temuan ini diperkuat oleh Wardhani (2025) yang menyatakan bahwa media pembelajaran berbasis digital memiliki pengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa sekolah dasar karena mampu menyajikan fenomena pembelajaran secara lebih visual dan kontekstual.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan model inkuiri berbantuan video pembelajaran dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa sekolah dasar. Namun, peningkatan yang diperoleh masih lebih rendah dibandingkan pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET*. Oleh karena itu, video pembelajaran dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran untuk mendukung pembelajaran IPAS, terutama pada sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium, meskipun efektivitasnya masih belum seoptimal penggunaan simulasi virtual *PhET*.

Perbedaan Pengaruh Peningkatan Keterampilan Proses Sains Siswa pada Materi Rangkaian Listrik antara Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan peningkatan keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Berdasarkan hasil analisis deskriptif, rata-rata nilai pretest kelas eksperimen sebesar 47 dan kelas kontrol sebesar 46, yang menunjukkan bahwa kemampuan awal kedua kelas relatif sama sebelum diberikan perlakuan. Setelah pembelajaran dilaksanakan, rata-rata nilai posttest kelas eksperimen meningkat menjadi 77, sedangkan kelas kontrol mencapai 69. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua kelas mengalami peningkatan keterampilan proses sains, namun peningkatan pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan simulasi virtual *PhET* memberikan kontribusi yang lebih baik terhadap pengembangan keterampilan proses sains siswa dibandingkan pembelajaran yang menggunakan video pembelajaran. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Ariyanto, Khusniyah, dan Susanto (2022) yang menyatakan bahwa penggunaan *virtual laboratory PhET* mampu meningkatkan hasil belajar IPA pada materi rangkaian listrik secara lebih optimal dibandingkan pembelajaran konvensional.

Perbedaan peningkatan keterampilan proses sains antara kedua kelas juga terlihat dari hasil perhitungan N-Gain. Kelas eksperimen memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,55 yang termasuk kategori sedang, sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,37 yang juga berada pada kategori sedang. Meskipun kedua kelas berada dalam kategori yang sama, nilai N-Gain kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Selain itu, hasil uji *Mann-Whitney U Test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan peningkatan keterampilan proses sains yang signifikan antara kedua kelompok. Dengan demikian, pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET*

terbukti lebih efektif dibandingkan pembelajaran menggunakan video pembelajaran dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Temuan ini didukung oleh penelitian Nindia Nur Amalia, Cucun Sunaengsih, dan Atep Sujana (2025) yang menunjukkan bahwa pembelajaran yang melibatkan siswa secara aktif memberikan hasil belajar yang lebih baik dibandingkan pembelajaran konvensional. Temuan ini sejalan juga dengan penelitian Anriani, Saenab, dan Arsyad (2025) yang menemukan bahwa peserta didik yang belajar menggunakan *PhET Simulation* memperoleh keterampilan proses sains yang lebih tinggi dibandingkan peserta didik yang belajar menggunakan media video.

Tingginya peningkatan keterampilan proses sains pada kelas eksperimen diduga disebabkan oleh karakteristik simulasi virtual *PhET* yang memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar secara langsung melalui kegiatan eksplorasi dan penyelidikan. Selama pembelajaran berlangsung, siswa dapat melakukan manipulasi terhadap berbagai komponen rangkaian listrik, mengamati perubahan yang terjadi ketika suatu komponen ditambahkan atau dihilangkan, serta menguji berbagai kemungkinan susunan rangkaian listrik. Aktivitas tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung sehingga konsep yang dipelajari menjadi lebih bermakna. Menurut teori konstruktivisme, pengetahuan akan lebih mudah dipahami apabila peserta didik terlibat secara aktif dalam proses membangun pengetahuannya sendiri melalui pengalaman belajar (Piaget, 1970).

Penggunaan simulasi virtual *PhET* juga memungkinkan siswa mengembangkan berbagai indikator keterampilan proses sains, seperti mengamati, mengklasifikasikan, memprediksi, mengomunikasikan, dan menyimpulkan. Selama menggunakan simulasi, siswa dapat mencoba berbagai bentuk rangkaian listrik dan mengamati pengaruh perubahan yang dilakukan terhadap nyala lampu maupun aliran arus listrik. Aktivitas tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan proses ilmiah secara lebih optimal dibandingkan pembelajaran yang hanya berfokus pada penyampaian informasi. Wardani dan Rosdiana (2022) menyatakan bahwa penggunaan simulasi *PhET* dalam pembelajaran dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan proses sains karena siswa terlibat langsung dalam kegiatan observasi, eksperimen, analisis data, dan penarikan kesimpulan.

Selain meningkatkan keterampilan proses sains, simulasi virtual *PhET* juga membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak pada materi rangkaian listrik. Melalui tampilan simulasi yang interaktif, siswa dapat melihat hubungan antara sumber energi listrik, penghantar, dan beban listrik secara lebih jelas. Konsep-konsep yang sebelumnya sulit diamati secara langsung dapat divisualisasikan secara konkret melalui laboratorium virtual. Menurut Carl Wieman, Adams, dan Perkins (2010), simulasi *PhET* dirancang untuk memvisualisasikan konsep-konsep sains yang abstrak sehingga peserta didik dapat memahami hubungan antar konsep melalui interaksi langsung dengan simulasi. Oleh karena itu, penggunaan *PhET* tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga mendukung pengembangan keterampilan ilmiah siswa.

Berbeda dengan kelas eksperimen, siswa pada kelas kontrol memperoleh pembelajaran menggunakan video pembelajaran. Meskipun penggunaan video mampu membantu siswa memahami materi yang dipelajari melalui visualisasi gambar dan suara, kesempatan siswa untuk melakukan eksplorasi dan percobaan secara mandiri menjadi lebih terbatas. Siswa cenderung berperan sebagai pengamat terhadap informasi yang disajikan sehingga keterlibatan mereka dalam proses ilmiah tidak sebesar siswa pada kelas eksperimen. Akibatnya, beberapa indikator keterampilan proses sains, terutama yang berkaitan dengan kegiatan eksperimen dan penyelidikan, tidak berkembang secara optimal.

Keterbatasan aktivitas belajar pada kelas kontrol menyebabkan perkembangan keterampilan proses sains siswa tidak seoptimal kelas eksperimen. Pada kelas eksperimen, siswa secara aktif melakukan pengamatan, mencoba berbagai kemungkinan rangkaian, berdiskusi, menguji hipotesis, serta menarik kesimpulan berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan. Sebaliknya, siswa pada kelas kontrol lebih banyak menerima informasi dari media yang

digunakan. Siswono (dalam Tamba, Sitinjak, & Marbun, 2025) menyatakan bahwa keterampilan proses sains akan berkembang secara optimal apabila peserta didik terlibat dalam pengalaman langsung dan kegiatan pemecahan masalah selama pembelajaran berlangsung.

Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian Tamba, Sitinjak, dan Marbun (2025) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis simulasi *PhET* memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa. Penelitian tersebut menemukan bahwa siswa yang belajar menggunakan simulasi *PhET* memperoleh keterampilan proses sains yang lebih tinggi dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Temuan tersebut semakin memperkuat bahwa penggunaan simulasi virtual dapat dijadikan sebagai alternatif pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa dalam pembelajaran IPAS di sekolah dasar.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pengaruh peningkatan keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET* memberikan pengaruh yang lebih besar dibandingkan pembelajaran menggunakan video pembelajaran. Hal tersebut ditunjukkan oleh peningkatan keterampilan proses sains yang lebih tinggi pada kelas eksperimen, terutama pada aspek mengamati, mengklasifikasikan, memprediksi, mengomunikasikan, dan menyimpulkan. Penggunaan simulasi virtual juga mampu menciptakan pembelajaran yang lebih aktif, interaktif, dan bermakna sehingga mendukung perkembangan keterampilan proses sains siswa secara optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh penggunaan simulasi virtual *PhET* terhadap keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik di kelas V sekolah dasar, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran menggunakan model inkuiri berbantuan simulasi virtual *PhET* terlaksana dengan sangat baik. Hal ini ditunjukkan oleh hasil observasi aktivitas guru yang memperoleh persentase sebesar 97% dan aktivitas siswa sebesar 91%, yang keduanya termasuk dalam kategori sangat baik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa seluruh tahapan pembelajaran dapat dilaksanakan sesuai dengan perencanaan sehingga siswa terlibat secara aktif selama proses pembelajaran berlangsung.

Keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen mengalami peningkatan setelah mengikuti pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET*. Rata-rata nilai keterampilan proses sains siswa meningkat dari 47 pada saat pretest menjadi 77 pada saat posttest. Hasil uji Wilcoxon menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($< 0,05$), sedangkan hasil perhitungan N-Gain memperoleh nilai rata-rata sebesar 0,55 dengan kategori sedang. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan simulasi virtual *PhET* mampu meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik.

Keterampilan proses sains siswa pada kelas kontrol juga mengalami peningkatan setelah mengikuti pembelajaran menggunakan model inkuiri berbantuan video pembelajaran. Rata-rata nilai keterampilan proses sains siswa meningkat dari 46 pada saat pretest menjadi 69 pada saat posttest. Hasil uji *Paired Sample t-Test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($< 0,05$), sedangkan hasil perhitungan N-Gain memperoleh nilai rata-rata sebesar 0,37 dengan kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan video pembelajaran juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan keterampilan proses sains siswa.

Selain itu, terdapat perbedaan peningkatan keterampilan proses sains siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil uji *Mann-Whitney U Test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($< 0,05$), yang mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan peningkatan keterampilan proses sains yang signifikan antara kedua kelas. Kelas eksperimen memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,55, sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata N-Gain sebesar 0,37. Dengan demikian, pembelajaran menggunakan simulasi virtual *PhET* terbukti lebih efektif

dibandingkan penggunaan video pembelajaran dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi rangkaian listrik di kelas V sekolah dasar.

Daftar Pustaka

- Adams, W. K., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Dubson, M., Finkelstein, N. D., & Wieman, C. E. (2006). New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 2(1), 010101.
- Amalia, N., Sunaengsih, C., & Sujana, A. (2025). Peran pembelajaran berbasis masalah berbantuan media video untuk meningkatkan pemahaman Konsep Siswa kelas V SD pada materi siklus air. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(01), 29-38. <https://doi.org/10.23969/jp.v10i01.23026>
- Angelia, A., Supeno, S., & Suparti, S. (2022). Pengaruh pembelajaran berbasis inkuiri terhadap keterampilan proses sains siswa sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 6215–6224.
- Anriani, A., Saenab, S., & Arsyad, M. (2025). Pengaruh penggunaan PhET simulation terhadap keterampilan proses sains peserta didik pada pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14(1), 45–54.
- Aprilia, N., Profithasari, A., Izzatika, F., & Khairani, N. (2026). Implementasi pembelajaran berbasis penyelidikan dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik sekolah dasar. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 12(1), 88–97.
- Ariyanto, A., Khusniyah, T., & Susanto, S. (2022). Pengaruh virtual laboratory PhET terhadap hasil belajar IPA pada materi rangkaian listrik. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 8(2), 145–156.
- Arsyad, A. (2019). *Media Pembelajaran* (Edisi Revisi). Jakarta: Rajawali Pers.
- Badriyah, N. (2023). Pemanfaatan simulasi PhET sebagai media pembelajaran IPA untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*, 11(2), 101–109.
- Etika Junitasari, E., & Heryanto, H. (2021). Analisis keterampilan proses sains siswa sekolah dasar dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 5643–5651.
- Farwati, R., Nugraha, D., & Suryana, Y. (2025). Pengembangan media pembelajaran interaktif untuk meningkatkan pemahaman konsep IPA siswa sekolah dasar. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 11(1), 55–64.
- Fauzi, A., dkk. (2022). Analisis peningkatan hasil belajar menggunakan perhitungan N-Gain dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan IPA*, 10(2), 120–128.
- Fitriani, N., & Cahyaningsih, U. (2023). Penerapan model inkuiri untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 14(2), 85–95.
- Giawa, Y. (2023). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terhadap pemahaman konsep IPA siswa sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(3), 1874–1883.
- Habibillah, M., & Muskhir, M. (2025). Efektivitas simulasi PhET dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 21(1), 32–41.
- Lestari, D. (2024). Pengaruh laboratorium virtual terhadap keterampilan proses sains siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 9(1), 15–24.
- Makassar, R., & Gumala, Y. (2025). Pengaruh media audiovisual terhadap hasil belajar IPAS siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 16(1), 44–53.
- Muna, F., Hidayat, A., & Prasetyo, Z. (2023). Penggunaan simulasi PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep sains siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(3), 321–330.
- Narulita, S., Rizqi, M., Wati, D., Amelia, R., & Alpian, Y. (2024). Pemanfaatan simulasi PhET dalam pembelajaran IPA untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 10(2), 215–224.
- Nisa', S., & Purnomo, H. (2026). Efektivitas simulasi virtual PhET terhadap keterampilan proses sains peserta didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 14(1), 67–76.
- Piaget, J. (1970). *Science of Education and the Psychology of the Child*. New York: Viking Press.

- Pusparani, D., & Rahmiati, R. (2023). Penggunaan media simulasi *PhET* dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Dasar*, 10(2), 112–121.
- Putri, R., Mustikaati, S., & Hikmatunisa, N. (2024). Pengaruh model inkuiri terhadap keterampilan proses sains siswa pada pembelajaran IPAS sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 8(1), 234–243.
- Rahayu, D., Sunaengsih, C., & Sujana, A. (2025). Pengaruh Pembelajaran Kontekstual Berbantuan Media Video Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Kelas Vi Pada Materi Rotasi Bumi. *EDUPROXIMA (Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA)*, 7(3), 1499-1508. <https://doi.org/10.29100/.v7i3.7372>
- Rahayu, P., dkk. (2023). Implementasi pembelajaran IPAS dalam Kurikulum Merdeka di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(5), 3211–3220.
- Rhaudahtul Jannah, R., dkk. (2025). Pembelajaran IPAS berbasis Kurikulum Merdeka untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 11(2), 145–154.
- Rustaman, N. Y. (2005). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Saputra, A., Mislinawati, M., & Tursinawati, T. (2024). Analisis keterampilan proses sains siswa sekolah dasar dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 9(2), 97–106.
- Saputra, D., dkk. (2025). Analisis miskonsepsi siswa pada materi rangkaian listrik di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 58–67.
- Sianturi, R. (2025). Penggunaan uji Shapiro-Wilk dalam analisis data penelitian pendidikan. *Jurnal Statistika Pendidikan*, 4(1), 11–18.
- Storyline, A., & Mata, P. (2025). Faktor-faktor yang memengaruhi rendahnya keterampilan proses sains siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 16(1), 22–31.
- Tamba, R., Sitinjak, M., & Marbun, E. (2025). Pengaruh pembelajaran berbasis simulasi *PhET* terhadap keterampilan proses sains siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14(2), 156–165.
- Vannilia, R., dkk. (2023). Efektivitas pembelajaran berbasis inkuiri berbantuan *PhET* terhadap keterampilan proses sains siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 11(3), 210–219.
- Wardani, S., & Rosdiana, R. (2022). Pengaruh model inkuiri terbimbing berbantuan *PhET* terhadap keterampilan proses sains siswa. *Jurnal Pendidikan IPA*, 11(2), 134–142.
- Wardhani, E. (2025). Pengaruh media pembelajaran digital terhadap keterampilan proses IPA siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 15(1), 73–82.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Perkins, K. K., & Loeblein, P. (2010). Teaching physics using *PhET* simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227. <https://doi.org/10.1119/1.3361987>
- Wilani, R., & Marjo, H. K. (2025). Keterampilan proses sains sebagai dasar pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 9(1), 112–120.
- Wirayuda, I., Sari, N., & Putra, R. (2022). Analisis keterampilan proses sains siswa sekolah dasar dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 7(2), 89–98.