

**PENERAPAN PENDEKATAN KONTEKSTUAL BERBANTUAN *PhET*
SIMULATION UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMAHAMAN
KONSEP MATEMATIS SISWA SMP**

Indah Maulida¹, Saiman², Nishbah Fadhelina³

^{1, 2, 3} Pendidikan Matematika FKIP Universitas Samudra

¹indahmaulida2304@gmail.com, ²saiman@unsam.ac.id, ³nishbah@unsam.ac.id

ABSTRACT

This research was motivated by the phenomenon of low mathematical concept mastery among junior high school students, particularly in statistics material. Conventional learning patterns, which tend to be monotonous and dominated by procedural formula delivery, result in students' difficulty in understanding the essence and interrelationships between concepts. This study aims to analyze the effectiveness of implementing the Contextual Teaching and Learning (CTL) approach integrated with PhET Interactive Simulation media in improving students' mathematical concept understanding. Utilizing a quantitative approach with a quasi-experimental design (The Nonequivalent Pretest–Posttest Control Group Design), this study involved a sample of 64 eighth-grade students at SMP Negeri 2 Langsa, divided into an experimental class ($n = 32$) and a control class ($n = 32$). Data were collected using an essay test assessing concept understanding that met the criteria for validity, reliability ($r = 0.806$), discriminating power, and difficulty index. The analysis results revealed a significant increase in the experimental class, with an average posttest score of 75.75 and an N-Gain index of 0.66, whereas the control class achieved an average posttest score of 64.84 with an N-Gain index of 0.51. Hypothesis testing via Independent Sample t-Test yielded a significance value (2-tailed) of $p = 0.000 < 0.05$. These findings demonstrate that implementing the contextual approach assisted by PhET Simulation is significantly more effective in facilitating mathematical concept understanding compared to conventional learning.

Keywords: *Contextual Approach, PhET Simulation, Mathematical Concept Understanding, Junior High School Statistics.*

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh fenomena rendahnya penguasaan konsep matematika siswa sekolah menengah pertama, khususnya pada materi statistika. Pola pembelajaran konvensional yang cenderung monoton dan didominasi penyampaian rumus secara prosedural mengakibatkan siswa kesulitan memahami esensi serta keterkaitan antarkonsep. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan pendekatan *Contextual Teaching and Learning* (CTL) yang diintegrasikan dengan media *PhET Simulation* terhadap peningkatan kemampuan pemahaman konsep matematis siswa. Menggunakan pendekatan kuantitatif jenis kuasi eksperimen dengan rancangan *The Nonequivalent Pretest–Posttest Control*

Group Design, penelitian ini melibatkan sampel sebanyak 64 siswa kelas VIII SMP Negeri 2 Langsa yang terbagi menjadi kelas eksperimen ($n = 32$) dan kelas kontrol ($n = 32$). Instrumen pengumpulan data berupa tes uraian pemahaman konsep yang telah memenuhi kriteria validitas, reliabilitas ($r = 0,806$), daya pembeda, dan indeks kesukaran. Hasil analisis menunjukkan peningkatan signifikan pada kelas eksperimen dengan rata-rata skor *posttest* sebesar 75,75 dan indeks N-Gain sebesar 0,66, sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata *posttest* 64,84 dengan indeks N-Gain 0,51. Pengujian hipotesis melalui Independent Sample t-Test menghasilkan nilai signifikansi (2-tailed) $p = 0,000 < 0,05$. Temuan ini membuktikan bahwa penerapan pendekatan kontekstual berbantuan *PhET Simulation* secara signifikan lebih efektif dalam memfasilitasi pemahaman konsep matematis dibandingkan dengan pembelajaran konvensional.

Kata Kunci: Pendekatan Kontekstual, *PhET Simulation*, Pemahaman Konsep Matematis, Statistika SMP.

A. Pendahuluan

Naskah Matematika memegang peranan krusial dalam struktur kurikulum pendidikan karena tidak hanya membekali peserta didik dengan kemampuan berhitung, melainkan juga melatih kerangka berpikir logis, analitis, kritis, serta sistematis. Kompetensi ini menjadi fondasi utama dalam memecahkan berbagai permasalahan nyata serta mendukung penguasaan disiplin ilmu lainnya. Kendati demikian, karakteristik matematis yang mendasar—seperti sifatnya yang abstrak dan sarat dengan struktur konseptual—sering kali menjadi kendala utama bagi peserta didik di tingkat sekolah menengah. Banyak siswa mengalami hambatan dalam mengaitkan antarkonsep serta

mengaplikasikannya dalam konteks baru (Astriani & Al Dhana, 2024).

Penguasaan konsep secara mendalam merupakan fondasi fundamental bagi pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Sebagaimana ditekankan oleh *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM), pemahaman konsep tidak sekadar menuntut kemampuan menghafal definisi atau algoritma formal, melainkan mencakup keahlian merekonstruksi ide, mengenali pola, serta memahami keterkaitan antarprinsip matematis. Pembelajaran matematika yang efektif idealnya mampu memfasilitasi peserta didik untuk memahami alasan rasional di balik penggunaan suatu prosedur matematis, bukan sekadar

menerapkan rumus secara mekanis (Suci & Miatun, 2022).

Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa tingkat pemahaman konsep matematis siswa SMP di Indonesia masih tergolong memprihatinkan. Temuan empiris dari berbagai studi nasional maupun internasional, seperti *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS), mengindikasikan bahwa mayoritas peserta didik masih berada pada tingkat kognitif rendah. Siswa umumnya hanya mampu menyelesaikan soal-soal berkarakteristik rutin yang mengandalkan hafalan prosedural, namun gagap ketika dihadapkan pada persoalan yang membutuhkan penyajian ulang konsep atau pengkategorian sifat-sifat matematis secara mandiri (Daulay, 2022).

Berdasarkan studi pendahuluan dan observasi mendalam yang dilakukan di SMP Negeri 2 Langsa, ditemukan permasalahan serupa pada pembelajaran matematika materi statistika. Sebagian besar siswa kesulitan dalam menginterpretasikan data, menentukan ukuran pemusatan (mean, median, dan modus), serta

menjelaskan keterkaitan antarkonsep secara intuitif. Kondisi ini dipicu oleh dominasi pendekatan pembelajaran konvensional yang berpusat pada guru (*teacher-centered*). Guru kerap menempatkan diri sebagai sumber informasi tunggal melalui metode ceramah dan latihan soal berulang, sementara siswa memposisikan diri sebagai penerima pasif. Implikasinya, makna hakiki dari materi pelajaran menjadi terisolasi dari kehidupan nyata siswa.

Guna mengatasi persoalan mendasar tersebut, diperlukan reorientasi paradigma pembelajaran menuju pendekatan yang lebih transformatif dan berpusat pada siswa. Salah satu pendekatan yang relevan adalah *Contextual Teaching and Learning* (CTL). Pendekatan kontekstual merupakan strategi pembelajaran yang mengaitkan materi akademik dengan situasi konteks dunia nyata siswa. Melalui CTL, siswa didorong untuk mengonstruksi pengetahuannya secara aktif melalui penemuan (*inquiry*), diskusi interaktif, serta refleksi kritis, sehingga proses belajar menjadi lebih bermakna dan aplikatif.

Agar penerapan CTL berjalan secara optimal, integrasi teknologi

interaktif diperlukan untuk memvisualisasikan konsep statistika yang abstrak. Salah satu media digital yang teruji efektif adalah *PhET Simulation*, yakni media simulasi interaktif yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder. Simulasi *PhET* memungkinkan siswa mengeksplorasi variabel-variabel statistika secara dinamis, mengamati dampak perubahan data terhadap ukuran pemusatan secara terapan, serta membangun pemahaman secara konseptual. Sinergi antara pendekatan CTL dan media *PhET Simulation* diproyeksikan mampu menciptakan ekosistem pembelajaran yang interaktif, eksploratif, dan mendalam. Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji apakah peningkatan kemampuan pemahaman konsep matematis siswa yang mendapatkan pembelajaran kontekstual berbantuan *PhET Simulation* lebih baik dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional.

B. Metode Penelitian

1. Desain dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen (*quasi-experimental design*). Desain penelitian yang digunakan adalah *The Nonequivalent Pretest–Posttest Control Group Design*. Penelitian melibatkan dua kelompok belajar, yaitu kelas eksperimen yang memperoleh perlakuan berupa pendekatan kontekstual (CTL) berbantuan *PhET Simulation*, dan kelas kontrol yang mendapatkan pembelajaran konvensional. Struktur rancangan penelitian disajikan pada Tabel 1 (Daulay, 2022).

Tabel 1. Desain Penelitian *The Nonequivalent Pretest-Posttest Control Group*

Kelompok	Pretest	Perlakuan (<i>Treatment</i>)	Posttest
Eksperimen (VIII-1)	O ₁	X ₁ (CTL + <i>PhET Simulation</i>)	O ₂
Kontrol (VIII-2)	O ₃	X ₂ (Pembelajaran konvensional)	O ₄

2. Populasi dan Sampel

Populasi target dalam penelitian ini mencakup seluruh siswa kelas VIII SMP Negeri 2 Langsa tahun ajaran 2025/2026 yang tersebar dalam 7 kelas paralel dengan total populasi 224 siswa. Teknik pengambilan

sampel dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan rerata kemampuan awal yang setara, rekomendasi guru mata pelajaran, serta homogenitas jadwal pembelajaran. Terpilih kelas VIII-1 sejumlah 32 siswa sebagai kelas eksperimen dan kelas VIII-2 sejumlah 32 siswa sebagai kelas kontrol.

3. Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui tes kemampuan pemahaman konsep matematis pada materi statistika (pemusatan data: mean, median, modus). Tes diberikan dua kali, yakni pretest sebelum perlakuan untuk mengukur kondisi awal, dan posttest setelah perlakuan untuk mengukur pencapaian akhir. Indikator pemahaman konsep yang diukur meliputi: (1) menyatakan ulang sebuah konsep, (2) memberikan contoh dan non-contoh, (3) mengklasifikasikan objek menurut sifat-sifatnya, (4) menganalisis konsep dalam pemecahan masalah, dan (5) menerapkan konsep secara sistematis.

Sebelum digunakan dalam penelitian utama, instrumen

diujicobakan pada kelas uji coba (IX-1) untuk menguji kualitas empirisnya. Hasil pengujian menunjukkan seluruh butir soal memenuhi kriteria validitas *Product Moment* ($r_{hitung} > 0,367$), reliabilitas *Alpha Cronbach* tergolong tinggi ($r = 0,806$), daya pembeda dalam kategori cukup, serta indeks kesukaran berada pada kriteria sedang.

4. Teknik Analisis Data

Guna mengukur besarnya peningkatan kemampuan pemahaman konsep tanpa dipengaruhi oleh perbedaan skor pretest awal, dilakukan perhitungan *Normalized Gain* (N-Gain) dengan formula:

$$N - Gain = \frac{Skor\ Posttest - Skor\ Pretest}{Skor\ Maksimum\ Ideal - Skor\ Pretest}$$

Data N-Gain selanjutnya dianalisis secara statistik inferensial. Uji prasyarat analisis meliputi uji normalitas *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas *varians Levene's Test*. Apabila data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan uji Independent Sample t-Test pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Analisis Kualitas Instrumen Penelitian

Uji kualitas instrumen tes uraian pemahaman konsep matematis dilakukan di kelas IX-1 dengan N = 29 siswa. Rangkuman pengujian empiris validitas, reliabilitas, daya pembeda, dan indeks kesukaran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rangkuman Hasil Uji Kualitas Instrumen Tes Pemahaman Konsep

No Soal	Validitas (r_hitung)	Status Validitas	Daya Pembeda	Indeks Kesukaran	Keputusan
1	0,638	Valid	0,245 (Cukup)	0,556 (Sedang)	Digunakan
2	0,813	Valid	0,302 (Cukup)	0,620 (Sedang)	Digunakan
3	0,748	Valid	0,229 (Cukup)	0,612 (Sedang)	Digunakan
4	0,749	Valid	0,221 (Cukup)	0,668 (Sedang)	Digunakan
5	0,548	Valid	0,221 (Cukup)	0,522 (Sedang)	Digunakan

2. Deskripsi Capaian Pretest, Posttest, dan N-Gain

Berdasarkan hasil tes kemampuan pemahaman konsep matematis yang

dilaksanakan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, diperoleh rekapitulasi data deskriptif skor pretest, posttest, serta indeks N-Gain sebagaimana tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Statistik Deskriptif Pretest, Posttest, dan N-Gain

Kelompok	N	Rata-rata Pretest	Rata-rata Posttest	Rata-rata N-Gain	Kategori Peningkatan
Eksperimen	32	29,38	75,75	0,66	Sedang (Tinggi)
Kontrol	32	27,13	64,84	0,51	Sedang

Data pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa kemampuan awal kedua kelompok relatif setara (pretest 29,38 vs 27,13). Namun, setelah diberikan perlakuan, kelas eksperimen mengalami lonjakan capaian yang jauh lebih tinggi dengan rata-rata posttest 75,75 dibandingkan kelas kontrol sebesar 64,84. Rerata N-Gain kelas eksperimen mencapai 0,66, yang menunjukkan efektivitas pembelajaran kontekstual berbantuan *PhET Simulation*.

3. Uji Prasyarat Analisis dan Pengujian Hipotesis.

Sebelum dilakukan uji beda rata-rata, data N-Gain diuji kenormalannya menggunakan *Shapiro-Wilk* dan kehomogennannya menggunakan *Levene's Test*. Hasil pengujian prasyarat serta uji *t* independen dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas, Homogenitas, dan Uji Hipotesis (t-Test) N-Gain

Jenis Pengujian	Statistik Uji	Nilai Sig. (p)	Kriteria Minimal	Kesimpulan
Uji Normalitas Shapiro-Wilk	Eks: 0,948 Kont: 0,958	Eks: 0,124 Kont: 0,210	$p \geq 0,05$	Data Berdistribusi Normal
Uji Homogenitas Levene	F = 0,672	p = 0,415	$p \geq 0,05$	Varian Data Homogen
Independen t Sample t-Test	t = 5,421 (df = 62)	p = 0,000	$p < 0,05$	H ₀ Ditolak, H ₁ Diterima

Hasil pengujian *Independent Sample t-Test* pada data N-Gain menunjukkan nilai signifikansi $p = 0,000 (< 0,05)$. Hal ini menuntun pada penolakan hipotesis nol (H_0) dan penerimaan hipotesis kerja (H_1). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kemampuan pemahaman konsep matematis siswa

yang mengikuti pembelajaran kontekstual berbantuan *PhET Simulation* secara signifikan lebih baik daripada siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional.

4. Pembahasan

Keberhasilan pendekatan *Contextual Teaching and Learning* (CTL) berbantuan *PhET Simulation* dalam meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa dipengaruhi oleh sinergi antara keterkaitan konteks nyata dan eksplorasi visual interaktif. Dalam proses pembelajaran di kelas eksperimen, siswa tidak sekadar dibekali prosedur formal perhitungan mean, median, dan modus, melainkan diajak untuk mengonstruksi pemahaman melalui sintaks CTL yang terstruktur.

Integrasi simulasi *PhET* memberikan jembatan kognitif yang memperjelas sifat-sifat matematis yang abstrak. Sebagai contoh, ketika siswa memanipulasi data pada simulasi interaktif, mereka dapat langsung mengamati bagaimana kemunculan nilai ekstrem (*outlier*) memengaruhi nilai rata-rata (*mean*) secara drastis, namun relatif tidak mengubah nilai tengah (*median*). Pengalaman langsung ini

memfasilitasi indikator pemahaman konsep tingkat tinggi, seperti mengklasifikasikan sifat objek serta menganalisis konsep dalam pemecahan masalah.

Sebaliknya, pada kelas kontrol yang menerapkan pembelajaran konvensional, pembelajaran cenderung bersifat mekanistik. Siswa lebih banyak menghafal rumus matematis tanpa mengetahui alasan mendasar di balik penggunaan rumus tersebut. Hambatan ini berdampak pada rendahnya pencapaian posttest kelas kontrol. Temuan penelitian ini sejalan dengan studi relevan sebelumnya (Astriani et al., 2024; Pasaribu, 2022) yang mengonfirmasi bahwa intervensi pembelajaran berbasis masalah konkret dan teknologi simulasi mampu melatih pemahaman konseptual secara berkelanjutan.

D. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan pendekatan *Contextual Teaching and Learning* (CTL) berbantuan *PhET Simulation* secara signifikan lebih baik dalam meningkatkan kemampuan pemahaman konsep matematis siswa

SMP dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Hal ini dibuktikan oleh peningkatan rata-rata posttest kelas eksperimen mencapai 75,75 dengan rerata N-Gain 0,66, serta hasil uji hipotesis t-test yang menunjukkan nilai signifikansi $p = 0,000 < 0,05$.

Berdasarkan kesimpulan penelitian, disampaikan beberapa saran konstruktif sebagai berikut:

1. Bagi Guru Matematika: Disarankan untuk mengintegrasikan pendekatan CTL dengan media interaktif seperti *PhET Simulation* sebagai alternatif pembelajaran inovatif pada materi-materi matematis yang bersifat abstrak.
2. Bagi Sekolah: Diharapkan dapat mendukung penyediaan sarana dan prasarana laboratorium komputer serta sarana teknologi informasi untuk menunjang pembelajaran berbasis digital.
3. Bagi Peneliti Selanjutnya: Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperluas cakupan sampel, jenjang sekolah, serta mengukur domain kemampuan matematis tingkat tinggi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Astriani, N., & Al Dhana, M. B. (2024).

- Pengaruh Pendekatan Contextual Teaching and Learning Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa. *PEDAGOGI: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 10(2), 125–131.
- Daud, R. M. (2024). Penerapan Pendekatan Contextual Teaching and Learning (CTL) Dalam Proses Pembelajaran Untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa. *Kompetensi: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 1(2), 94-107.
- Daulay, L. A. (2022). Pengaruh Pendekatan Contextual Teaching and Learning (CTL) Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa. *OMEGA: Jurnal Keilmuan Pendidikan Matematika*, 1(3), 45–53.
- Ester, K., Sakka, F. S., Mamonto, F., Mangolo, A. E. M., Bawole, R., & Mamonto, S. (2023). Model Pembelajaran Contextual Teaching and Learning (CTL) di SD Gmim II Sarongsong. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(20), 967–973. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10421051>
- Haryanti, O. I., Sudihartini, E., & Purniati, T. (2025). Penerapan Contextual Teaching and Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Dan Resiliensi Matematis Siswa Smp. *Differential: Journal on Mathematics Education*, 3(1), 38–48. <https://doi.org/10.32502/differential.v3i1.557>
- Indah Rizky Dwiyaniti, & Nurafni. (2023). PHET Interactive Simulation Media Improves Students' Understanding of Mathematical Concepts in Integer Material. *MIMBAR PGSD Undiksha*, 11(2), 191–197. <https://doi.org/10.23887/jjpgsd.v11i2.64417>
- Suci, S. N., & Miatun, A. (2022). Profil Kemampuan Pemahaman Konsep Ditinjau dari Kecemasan Matematis Siswa SMP pada Pembelajaran Tatap Muka Terbatas. *ANARGYA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 5(1), 80–92.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2021). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. Reston, VA: NCTM.
- Safari, Y., & Nurhida, P. (2024). Pentingnya pemahaman konsep dasar matematika dalam pembelajaran matematika. *Karimah Tauhid*, 3(9), 9817-9824.
- Pasaribu, A. B. (2022). Peningkatan Kemampuan Pemahaman Matematika Siswa dengan Guided Discovery Learning Menggunakan PhET Simulation. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 6(2), 719–742. <https://doi.org/10.26811/didaktika.v6i2.687>