

ANALISIS KONSEPTUAL POTENSI ZENO'S PARADOX SEBAGAI SARANA PENGUATAN INTUISI SISWA DALAM MEMAHAMI LIMIT DAN DERET TAK HINGGA

Fiqri Subhan¹, Dwita Meliani Harahap², Petra Aprina Benedicta Sinaga³, Relly Sinurat⁴,
Sally Yunita Mutiara Pane⁵

Universitas Negeri Medan^{1,2,3,4,5}

pos-el : fikrisubhan50@gmail.com¹, itsdwita205@gmail.com², petrasinaga49@gmail.com³,
rellysinurat67@gmail.com⁴, sallymutiarapane@gmail.com⁵

ABSTRAK

Konsep limit dan ketaklingkaan merupakan dasar penting dalam matematika lanjut, namun sering menimbulkan kesulitan konseptual bagi siswa karena sifatnya yang abstrak. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk memperkuat pemahaman konseptual siswa adalah melalui pemanfaatan Paradoks Zeno. Paradoks ini menggambarkan permasalahan gerak melalui pembagian jarak yang berlangsung tanpa batas, sehingga berkaitan erat dengan konsep limit dan deret tak hingga dalam kalkulus. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara konseptual potensi paradoks Zeno dalam memperkuat intuisi matematis siswa terhadap konsep limit dan ketaklingkaan dalam pembelajaran matematika. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur (*library research*). Data diperoleh dari berbagai artikel jurnal ilmiah, prosiding, dan buku yang relevan dengan konsep limit, ketaklingkaan, intuisi matematis, serta paradoks Zeno dalam pembelajaran matematika. Analisis data dilakukan melalui teknik analisis isi dengan tahapan reduksi data, kategorisasi, analisis konseptual, dan penarikan kesimpulan. Hasil kajian menunjukkan bahwa Paradoks Zeno memiliki potensi pedagogis sebagai sarana untuk menumbuhkan konflik kognitif yang dapat memperkuat intuisi matematis siswa dalam memahami konsep limit dan ketaklingkaan. Melalui ilustrasi paradoks, siswa dapat memahami bahwa proses yang berlangsung tanpa batas tidak selalu menghasilkan nilai tak hingga, tetapi dapat mendekati suatu nilai tertentu. Dengan demikian, paradoks Zeno dapat menjadi pendekatan alternatif dalam pembelajaran matematika untuk memperkuat pemahaman konseptual siswa terhadap konsep limit.

Kata kunci : limit, ketaklingkaan, intuisi matematis, paradoks Zeno, pembelajaran matematika

ABSTRACT

The concept of limits and infinity is a fundamental foundation in advanced mathematics; however, it often creates conceptual difficulties for students due to its abstract nature. One approach that can be used to strengthen students' conceptual understanding is through the use of Zeno's Paradox. This paradox describes the problem of motion through the division of distance that continues indefinitely, making it closely related to the concepts of limits and infinite series in calculus. This study aims to conceptually analyze the potential of the Zeno Paradox in strengthening students' mathematical intuition regarding the concepts of limits and infinity in mathematics learning. The research employed a qualitative approach using a literature study (library research) method. Data were obtained from various scientific journal articles, conference proceedings, and books relevant to the concepts of limits, infinity, mathematical intuition, and Zeno's paradox in mathematics education. Data analysis was conducted using content analysis techniques, including data reduction, categorization, conceptual analysis, and conclusion drawing. The results of the study indicate that Zeno's Paradox has pedagogical potential as a means to generate cognitive conflict that can strengthen students' mathematical

intuition in understanding the concepts of limits and infinity. Through paradox illustrations, students can understand that processes that occur without bound do not always produce infinite values but can approach a particular value. Therefore, the Zeno Paradox can serve as an alternative approach in mathematics learning to strengthen students' conceptual understanding of limit concepts.

Keywords : *limit, infinity, mathematical intuition, Zeno's paradox, mathematics learning.*

1. PENDAHULUAN

Matematika merupakan disiplin ilmu yang memiliki peranan penting dalam pengembangan kemampuan berpikir logis, analitis, dan sistematis pada peserta didik. Dalam konteks pendidikan matematika modern, pembelajaran tidak lagi hanya berorientasi pada kemampuan prosedural, tetapi juga menekankan pada pemahaman konseptual serta pengembangan intuisi matematis siswa. Intuisi matematis memungkinkan siswa memahami konsep abstrak melalui representasi yang lebih bermakna sehingga membantu mereka membangun struktur pengetahuan yang lebih kuat (Rabikah, et al., 2025). Salah satu konsep matematika yang sering menimbulkan kesulitan konseptual bagi siswa adalah konsep limit dan ketakhinggaan dalam kalkulus.

Konsep limit merupakan dasar dari berbagai topik penting dalam matematika lanjut seperti turunan, integral, serta analisis matematis. Limit menjelaskan perilaku suatu fungsi ketika variabel mendekati nilai tertentu atau menuju tak hingga. Oleh karena itu, pemahaman terhadap konsep ini tidak hanya memerlukan kemampuan manipulasi simbolik, tetapi juga pemahaman konseptual mengenai proses “mendekati” suatu nilai. Dalam praktik pembelajaran, banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami makna

konseptual limit karena pembelajaran sering kali lebih menekankan prosedur perhitungan dibandingkan makna matematisnya. Penelitian menunjukkan bahwa siswa sering mengalami miskonsepsi dalam memahami limit fungsi karena mereka hanya berfokus pada teknik aljabar tanpa memahami ide dasar mengenai proses pendekatan nilai (Indriani et al., 2023). Selain itu, kesulitan siswa dalam mempelajari materi limit juga dapat disebabkan oleh kurangnya pemahaman konseptual serta rendahnya kemampuan representasi matematis yang digunakan dalam proses pembelajaran (Rahmatillah et al., 2023).

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran limit memerlukan pendekatan yang mampu menghubungkan konsep abstrak dengan pengalaman berpikir siswa secara lebih intuitif. Dalam hal ini, penguatan intuisi matematis menjadi aspek penting dalam proses pembelajaran. Intuisi matematis dapat membantu siswa memahami hubungan antara konsep-konsep matematika secara lebih mendalam melalui proses visualisasi, analogi, maupun eksplorasi ide matematis. Penelitian dalam pendidikan matematika menunjukkan bahwa pengembangan intuisi melalui interpretasi geometris atau representasi kontekstual dapat memperkuat pemahaman konseptual siswa terhadap limit dan proses konvergensi (Kristanto et al., 2020).

Selain itu, pendekatan yang menekankan eksplorasi konseptual juga mampu meningkatkan kemampuan penalaran matematis siswa dalam memahami konsep limit secara lebih komprehensif.

Salah satu pendekatan konseptual yang memiliki potensi besar untuk memperkuat intuisi matematis siswa dalam memahami limit dan ketaklingkaan adalah melalui Paradoks Zeno (*Zeno's Paradox*). Paradoks ini diperkenalkan oleh filsuf Yunani Zeno dari Elea pada abad ke-5 SM melalui berbagai argumen filosofis yang berkaitan dengan gerak dan pembagian tak hingga. Paradoks yang paling terkenal adalah paradoks Achilles dan kura-kura, yang menggambarkan situasi di mana Achilles tidak pernah dapat menyusul kura-kura karena jarak antara keduanya terus terbagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil secara tak hingga. Secara intuitif, paradoks tersebut tampak bertentangan dengan realitas, namun secara matematis dapat dijelaskan melalui konsep deret tak hingga dan limit. Dalam perkembangan matematika modern, paradoks Zeno justru menjadi salah satu pemicu munculnya gagasan tentang limit dan konvergensi dalam kalkulus. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa teori limit dapat memberikan penjelasan matematis yang konsisten terhadap paradoks tersebut serta membantu memahami fenomena gerak melalui konsep konvergensi deret tak hingga.

Dalam konteks pendidikan matematika, paradoks Zeno memiliki potensi sebagai sarana pembelajaran konseptual yang menarik karena mampu menghadirkan konflik kognitif pada siswa. Konflik kognitif ini dapat memicu rasa ingin tahu serta mendorong siswa

untuk melakukan eksplorasi terhadap konsep matematika secara lebih mendalam. Ketika siswa dihadapkan pada situasi paradoks yang tampak bertentangan dengan pengalaman sehari-hari, mereka terdorong untuk mencari penjelasan matematis yang logis. Proses inilah yang dapat memperkuat pemahaman konseptual sekaligus mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan reflektif dalam matematika. Dengan demikian, paradoks Zeno tidak hanya memiliki nilai filosofis dalam sejarah matematika, tetapi juga memiliki potensi pedagogis sebagai media untuk menjembatani pemahaman siswa terhadap konsep limit dan ketaklingkaan.

Meskipun demikian, pemanfaatan paradoks Zeno dalam pembelajaran matematika masih relatif jarang dibahas dalam penelitian pendidikan matematika di Indonesia. Sebagian besar penelitian mengenai materi limit lebih berfokus pada pengembangan model pembelajaran, media pembelajaran, atau analisis kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal limit. Padahal, pendekatan konseptual berbasis paradoks dapat memberikan perspektif baru dalam mengajarkan konsep limit secara lebih intuitif. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang menganalisis potensi penggunaan paradoks Zeno sebagai sarana untuk memperkuat intuisi matematis siswa dalam memahami konsep limit dan deret tak hingga. Secara spesifik, penelitian ini mengkaji bagaimana proses berpikir siswa dalam merespon paradoks zeno yang berkaitan dengan pendekatan limit dan deret tak hingga. Selain itu, penelitian ini juga menelaah potensi implementasi paradoks zeno dalam pembelajaran serta

kontribusinya dalam penguatan intuisi siswa melalui analisis SWOT.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara konseptual potensi Zeno's Paradox sebagai sarana penguatan intuisi siswa dalam memahami konsep limit dan deret tak hingga. Analisis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi pembelajaran matematika yang lebih konseptual, reflektif, dan mampu menjembatani pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak dalam matematika.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur (*library research*) yang bertujuan untuk menganalisis secara konseptual potensi Zeno's Paradox sebagai sarana penguatan intuisi siswa dalam memahami konsep limit dan deret tak hingga dalam pembelajaran matematika. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada analisis makna, konsep, serta hubungan teoretis antara paradoks Zeno, konsep limit, dan pengembangan intuisi matematis dalam konteks pembelajaran. Penelitian berbasis studi literatur memungkinkan peneliti untuk menelaah berbagai sumber ilmiah secara sistematis guna membangun kerangka konseptual yang komprehensif terkait fenomena yang dikaji. Metode ini umum digunakan dalam penelitian pendidikan matematika untuk mengkaji teori, konsep, serta implikasi pedagogis dari suatu fenomena pembelajaran (Ahyan et al., 2021; Sugiyono, 2019).

Sumber data dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari

berbagai literatur ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Literatur yang digunakan meliputi artikel jurnal nasional maupun internasional, prosiding konferensi, serta buku yang berkaitan dengan konsep limit, deret tak hingga, intuisi matematis, paradoks Zeno, serta strategi pembelajaran matematika. Literatur dipilih dengan kriteria tertentu, yaitu: (1) publikasi jurnal ilmiah yang relevan dengan penelitian sebanyak sepuluh artikel (2) buku referensi metodologi penelitian dan pendidikan matematika sebanyak tiga; (3) literatur yang secara langsung membahas konsep limit, ketakhinggaan, atau implikasi pedagogis paradoks Zeno dalam pembelajaran matematika sebanyak lima; serta (4) literatur yang relevan dengan pengembangan pemahaman konseptual dan intuisi matematis siswa sebanyak lima. Proses pencarian literatur dilakukan melalui basis data akademik seperti Google Scholar, Garuda, SINTA, dan portal jurnal pendidikan matematika menggunakan kata kunci seperti *Zeno's paradox*, *limit*, *infinite series*, *intuisi matematis*, dan *pembelajaran matematika*. Literatur tidak diberikan batas tahun publikasi guna memperluas jangkauan literatur yang membahas topik serupa karena topik ini masih sedikit yang membahas.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui teknik dokumentasi, yaitu dengan mengidentifikasi, mengumpulkan, serta menelaah berbagai dokumen ilmiah yang berkaitan dengan fokus penelitian. Setiap literatur yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi konsep utama, pendekatan pembelajaran, serta temuan penelitian yang relevan dengan

penguatan intuisi matematis siswa dalam memahami konsep limit dan ketaklingkaan. Studi literatur dalam penelitian pendidikan matematika memungkinkan peneliti untuk meninjau berbagai temuan penelitian sebelumnya sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai suatu konsep atau fenomena pembelajaran (Verina & Juandi, 2022).

Proses analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis isi (content analysis) yang dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah reduksi data, yaitu menyeleksi literatur yang relevan dengan fokus penelitian. Tahap kedua adalah klasifikasi dan kategorisasi, yaitu mengelompokkan informasi yang diperoleh berdasarkan beberapa aspek utama, seperti konsep limit dan ketaklingkaan, karakteristik paradoks Zeno, serta potensi pedagogisnya dalam pembelajaran matematika. Tahap ketiga adalah analisis konseptual, yaitu menelaah hubungan antara konsep-konsep tersebut untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai bagaimana paradoks Zeno dapat digunakan sebagai sarana untuk memperkuat intuisi matematis siswa. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan, yaitu merumuskan sintesis konseptual mengenai potensi penggunaan paradoks Zeno dalam pembelajaran limit dan deret tak hingga.

Untuk menjaga keabsahan data, penelitian ini menggunakan triangulasi sumber, yaitu dengan membandingkan berbagai referensi yang berasal dari jurnal, buku, serta penelitian sebelumnya yang relevan. Melalui proses ini, konsep dan temuan yang diperoleh dapat diverifikasi sehingga menghasilkan

analisis yang lebih objektif dan komprehensif. Pendekatan studi literatur ini memungkinkan peneliti untuk menyusun kerangka konseptual yang sistematis mengenai hubungan antara paradoks Zeno, konsep limit, dan pengembangan intuisi matematis dalam pembelajaran matematika.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN Konsep Limit dan Ketaklingkaan

Defenisi limit bila $x \rightarrow \infty$ andaikan f terdefenisi pada $[c, \infty]$ untuk suatu bilangan c . Kita katakan bahwa:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = L$$

Jika untuk masing-masing $\varepsilon > 0$, terdapat bilangan M yang berpadanan sedemikian sehingga:

$$x > M \Rightarrow |f(x) - L| < \varepsilon$$

Atau

$$\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = L \Leftrightarrow \forall \varepsilon > 0, \exists M > 0 \ni x > M \Rightarrow |f(x) - L| < \varepsilon$$

Defenisi limit bila $x \rightarrow -\infty$. Andaikan f terdefenisi pada $[-\infty, c]$ untuk suatu bilangan c . Kita nyatakan bahwa:

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = L$$

Jika untuk masing-masing $\varepsilon > 0$, terdapat suatu bilangan M yang berpadanan sedemikian sehingga:

$$x < M \Rightarrow |f(x) - L| < \varepsilon$$

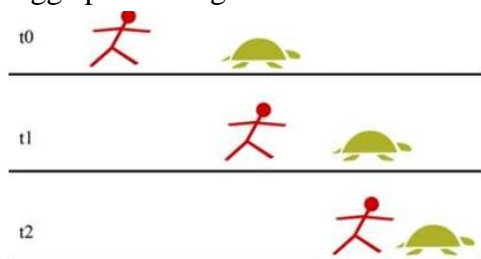
atau

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = L \Leftrightarrow \forall \varepsilon > 0, \exists M < 0 \ni x < M \Rightarrow |f(x) - L| < \varepsilon$$

Catatan: $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{x^k} = 0$ dan $\lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{1}{x^k} = 0$ dengan $k \in \text{bilangan bulat positif}$.

Konsep Zeno Paradox

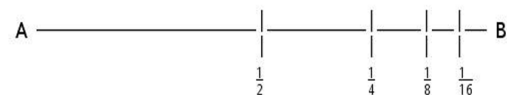
Zeno adalah seorang filsuf Yunani abad ke-5 SM merupakan murid dari Parmenides dan merupakan perwakilan paling terkenal dari filsafat Eleatik (Silagadze, 2005). Zeno terkenal dengan paradoksnya tentang Achilles dan kura-kura. Dalam cerita ini, Achilles seorang pelari diberi tugas mengejar kura-kura yang mendapat keunggulan start lebih dulu. Zeno berargumen bahwa Achilles tidak akan pernah dapat menyusul kura-kura karena setiap kali Achilles mencapai titik tempat kura-kura sebelumnya berada, kura-kura itu sudah bergerak sedikit lebih jauh. Proses ini terus berulang tanpa akhir sehingga selalu tersisa jarak yang harus ditempuh Achilles (Bas, 2005). Meskipun kesimpulan ini jelas bertentangan dengan kenyataan, paradoks tersebut menunjukkan kesulitan dalam memahami konsep pembagian tak hingga pada ruang dan waktu.



Gambar 1. Ilustrasi Paradoks Achilles dan Kura-Kura

Paradoks-paradoks zeno muncul sebagai jalan *aporiae* yang artinya jalan buntu dari situasi atau masalah tanpa jalan keluar dalam bahasa Yunani (Stefanov, 2013). Selain paradoks Achilles, Zeno juga mengemukakan paradoks tentang gerak, yaitu paradoks Dikotomi. Zeno berpendapat bahwa gagasan tentang gerakan perubahan dan gerakan itu sendiri mengandung kontradiksi yang dapat dipecahkan, membuktikan bahwa perubahan dan

gerakan hanyalah ilusi semata. Zeno berusaha menunjukkan bahwa persepsi manusia tentang gerak tidak nyata, melainkan ilusi yang muncul dipikiran (Fauziyyah & Harisman, 2025). Namun diyakini bahwa paradoks dikotomi Zeno sepenuhnya belum terselesaikan selama lebih dari 2400 tahun hingga saat ini, meskipun ada klaim sebaliknya (Srinivasan, 2019).



Gambar 2. Paradoks Dikotomi

Sebagian besar pengetahuan tentang argumen Zeno memicu komentar dari para filsuf lain, terutama Aristoteles. Menurut Aristoteles, pembagian tak hingga dari suatu gerakan oleh Zeno hanyalah bersifat matematis semata, yaitu sekedar tindakan imajinasi. Namun, komentar Aristoteles tidak dapat sepenuhnya diterima karena tidak ada alat ukur yang bisa mengangani ketaklingaan dengan cara yang logis dan konsisten (Groarke, 1982). Walaupun begitu paradoks-paradoks Zeno tetap dianggap penting karena memicu perkembangan pemikiran matematika dan filsafat.

Relevansi Zeno Paradox dan Konsep Limit dan Ketakhinggaan

Hubungan antara zeno paradox dengan konsep limit dan ketaklingaan menjelaskan suatu keadaan ketika suatu nilai mendekati nol, tetapi hasil dari proses matematisnya dapat menghasilkan nilai yang sangat besar atau bahkan menuju tak hingga. Konsep ini berkaitan erat dengan definisi limit dalam kalkulus yang dinotasikan sebagai berikut:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$$

Definisi limit tersebut menjelaskan bahwa nilai x semakin mendekati a , maka fungsi $f(x)$ akan semakin mendekati L .

Paradoks antara Achilles dan kura-kura juga dapat direpresentasi menggunakan konsep deret tak hingga dan limit yang dinyatakan melalui deret:

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \dots$$

Deret ini menggambarkan jarak yang ditempuh oleh Achilles ketika mengejar kura-kura. Pada awalnya Achilles berlari menempuh jarak 1 satuan menuju posisi awal kura-kura, namun pada saat itu kura-kura telah bergerak maju sejauh $\frac{1}{2}$ satuan. Ketika Achilles mencapai titik tersebut, kura-kura bergerak sedikit lebih jauh. Sehingga proses ini terus berlanjut membentuk rangkaian langkah yang secara teoritis tidak berhingga, karena Achilles harus terus mengejar posisi kura-kura sebelumnya.

Dengan demikian, secara intuitif kita memahami bahwa pada akhirnya Achilles dapat menyusul kura-kura, paradoks ini menunjukkan adanya ketidakmungkinan dan kontradiksi dalam konsep gerak tentang ruang dan waktu. Melalui pemahaman ini, konsep limit memberikan penjelasan bahwa sesuatu yang melibatkan pembagian tanpa batas tidak selalu menghasilkan nilai yang tak hingga dan sebaliknya pun bahwa deret tak hingga dapat mendekati suatu nilai tertentu.

Potensi dari Implementasi Konsep Zeno Paradox di Pembelajaran (SWOT)

Implementasi konsep *Zeno Paradox* dalam pembelajaran matematika memiliki beberapa

keunggulan. Konsep ini dapat membantu siswa memahami hubungan antara nol, limit, dan ketaklinggaan secara lebih mendalam. Selain itu, fenomena yang tampak paradoks dapat menumbuhkan rasa ingin tahu siswa sehingga mendorong mereka untuk berpikir kritis dan analitis dalam memahami konsep matematika.

Salah satu konsep yang memiliki kaitan erat dengan perkembangan matematika adalah Zeno's Paradoxes. Paradoks ini menggambarkan permasalahan gerak melalui ilustrasi yang menunjukkan bahwa suatu jarak dapat terus dibagi menjadi bagian yang lebih kecil secara tak hingga. Gagasan tersebut kemudian berkaitan dengan perkembangan konsep limit dan ketaklinggaan dalam matematika modern.

Dalam konteks pembelajaran matematika, paradoks Zeno dapat digunakan sebagai pendekatan untuk membantu siswa memahami konsep limit yang bersifat abstrak secara lebih intuitif. Melalui ilustrasi paradoks yang dikemukakan dalam Fauziyyah & Harisman (2025), seperti paradoks achilles dan kura-kura serta paradoks dikotomi, siswa dapat melihat proses mendekati suatu nilai secara bertahap sehingga konsep limit menjadi lebih mudah dipahami. Oleh karena itu, untuk melihat potensi penerapannya dalam pembelajaran matematika, diperlukan analisis menggunakan pendekatan SWOT yang meliputi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman.

a. Strengths (Kekuatan)

Kekuatan utama dari implementasi ini terletak pada fungsi Paradoks Zeno sebagai alat visualisasi konseptual yang mampu mengubah pola pikir siswa dari

sekadar komputasi angka menjadi pemahaman logika yang mendalam. Melalui ilustrasi "Achilles dan Kura-kura", siswa dibantu untuk memvisualisasikan bagaimana penjumlahan bagian-bagian kecil yang tak hingga banyaknya dapat menghasilkan nilai yang terbatas (*finite*), sehingga gerak nyata dapat dijelaskan secara akurat melalui representasi matematis diskrit. Hal ini juga sejalan dengan temuan Manurung et al. 2025 yang menunjukkan bahwa limit berperan dalam menjelaskan fenomena melalui skenario Achilles dan kura-kura serta berbagai konsep limit dalam kalkulus sebagai kunci dalam menjembatani pemahaman yang tampak kontradiksi dengan penjelasan matematis yang logis.

Selain itu, penggunaan paradoks ini memperkaya pengalaman belajar dengan menunjukkan bahwa kontradiksi dalam matematika sering kali menjadi pemicu inovasi dan penemuan baru. Dengan demikian, integrasi konsep ini tidak hanya memperkuat pemahaman siswa terhadap perkembangan konsep matematika, tetapi juga secara efektif mendorong kemampuan berpikir kritis dalam membedah permasalahan matematis yang kompleks.

b. *Weaknesses* (Kelemahan)

Kelemahan utama dalam implementasi konsep ini terletak pada adanya "lompatan konseptual" yang sulit diterima oleh akal sehat, di mana banyak siswa memiliki miskonsepsi bawaan bahwa menjumlahkan sesuatu secara terus-menerus pasti akan menghasilkan nilai tak hingga besar. Kondisi ini sejalan dengan pernyataan Hong & Qiang (2021) yang menegaskan bahwa kontradiksi antara konsep kontinu dan

diskret termasuk pertentangan antara berhingga dan tak berhingga dalam matematika, begitupun dengan konsep paradoks zeno masih bersifat ambigu dan sulit dipahami secara intuisi. Hal ini menjadi dasar bahwa bahwa pengetahuan siswa mengenai Paradoks Zeno masih tergolong rendah, sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian bahwa paradoks gerak ini relatif tidak dikenal oleh sebagian besar mahasiswa maupun siswa. Tanpa pendampingan yang sangat hati-hati dan sistematis untuk menjembatani keterbatasan pemahaman tersebut, penggunaan paradoks di dalam kelas justru berisiko membuat siswa merasa matematika bertentangan dengan realitas fisik mereka, yang pada akhirnya dapat menciptakan kebingungan logis berkepanjangan serta menghambat proses internalisasi konsep limit yang benar.

c. *Opportunities* (Peluang)

Implementasi Paradoks Zeno memberikan peluang dalam pembelajaran matematika dengan memperkenalkan konsep limit secara mendalam dan bermakna. Melalui konsep paradoks Achilles dan kura-kura dapat mengembangkan intuisi mengenai konsep tak hingga dengan yang berhingga. Hal ini disampaikan dalam Feng (2023) yang menyatakan bahwa ilustrasi Achilles dan kura-kura dapat mengembangkan konsentrasi dalam logika dengan merepresentasikan bilangan riil dengan keterdivisian tak terbatas. Fauziyyah & Harisman (2025) mengungkapkan bahwa pemahaman paradoks zeno menjadi peluang bagi calon guru dalam memberikan padangan matematika yang dapat meningkatkan minat siswa dalam pembelajaran.

Dengan memberikan konteks abstrak dapat membentuk kedisiplinan dalam mengidentifikasi konseptual hingga menyajikan pemahaman yang lebih mendalam pada pembelajaran. Salah satunya strategis dari pemanfaatan paradoks zeno untuk memperkenalkan materi Deret Geometri dan Definisi Limit Cauchy secara lebih kontekstual. Dibandingkan langsung menyajikan rumus formal yang cenderung kaku, penggunaan paradoks ini dapat memicu rasa ingin tahu serta daya kritis siswa dalam memahami urgensi penggunaan konsep limit untuk memecahkan masalah nyata.

d. *Threats* (Ancaman)

Meskipun paradoks zeno menawarkan *opportunities* (Peluang) sebagai pendekatan pembelajaran yang inovatif, implementasinya juga tidak terlepas dari berbagai ancaman. Salah satunya adalah peranan guru yang kurang mampu mengelola pembelajaran secara menarik, sehingga proses pembelajaran cenderung monoton dan membosankan, hal ini diakibatkan pembelajaran tidak menarik dan kurang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Pembelajaran yang cenderung kaku dan terlalu berorientasi pada prosedur serta hafalan rumus demi mengejar nilai ujian menjadi ancaman bagi siswa dalam memahami pengetahuan secara mendalam. Hal tersebut juga berkaitan dengan keterbatasan pemahaman calon guru dalam menjabarkan aspek sejarah matematika sehingga konsep penting seperti paradoks zeno tidak optimal dalam pembelajaran. Dan diperkuat dengan adanya perbedaan tingkat pengetahuan siswa yang signifikan, di mana pemahaman kelas cenderung terbagi antara siswa yang sama sekali

belum mengetahui konsep tersebut dan siswa yang sudah mengenalnya. Dengan perbedaan latar belakang pengetahuan yang tidak dikelola dengan baik, sehingga potensi besar pada pemahaman paradoks menjadi terancam akan terabaikan sepenuhnya.

Analisis SWOT Zeno Paradox di Pembelajaran dalam Penguatan intuisi siswa SD pada limit dan Ketakhinggaan

Konsep Zeno Paradox (paradoks yang melibatkan pembagian tak berhingga menuju nol seperti pada paradoks Zeno) sering dipakai sebagai jembatan kognitif untuk memahami ide limit dan ketakhinggaan (Sabirin, 2014). Dalam pembelajaran matematika, paradoks ini bukan sekadar cerita filsafat, tetapi alat pedagogis untuk memicu konflik kognitif sehingga intuisi matematis siswa berkembang. Paradoks semacam ini menunjukkan bahwa suatu proses dapat berlangsung tanpa batas namun tetap menghasilkan nilai tertentu, ide yang menjadi inti konsep limit dalam kalkulus dan pemahaman ketakhinggaan dalam matematika. Penelitian pendidikan matematika menunjukkan bahwa konsep tak hingga sering dipahami siswa sebagai proses yang “tidak pernah selesai” (potential infinity), bukan sebagai objek matematis yang utuh (actual infinity), sehingga pendekatan intuitif sangat diperlukan dalam pembelajaran sejak dini.

a. *Strength* (Kekuatan)

Pendekatan Zeno Paradox memiliki kekuatan utama dalam membangun intuisi matematis melalui konflik kognitif yang menarik. Paradoks seperti pembagian jarak menjadi setengah-setengah secara tak berhingga dapat membantu siswa memahami

bahwa suatu proses dapat mendekati nol tanpa pernah benar-benar mencapai nol secara langsung (Azis & Rohaeti, 2025). Hal ini mendorong siswa untuk mengembangkan pemahaman awal tentang limit secara konseptual sebelum mempelajarinya secara formal.

Selain itu, pendekatan ini bersifat kontekstual dan naratif, sehingga cocok digunakan pada siswa sekolah dasar yang masih berada pada tahap berpikir konkret-operasional. Paradoks matematika dapat menumbuhkan rasa ingin tahu serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis karena siswa diajak mempertanyakan intuisi awal mereka terhadap bilangan dan proses tak berhingga.

Penggunaan paradoks dalam pembelajaran juga terbukti dapat menjadi pemicu inovasi dan eksplorasi konsep matematika baru dalam pemikiran siswa.

Dengan demikian, Zeno Paradox dapat menjadi sarana pedagogis untuk menumbuhkan number sense, intuisi limit, dan pemahaman tentang pembagian tak berhingga yang merupakan fondasi penting bagi pembelajaran matematika tingkat lanjut.

b. *Weaknesses* (Kelemahan)

Walaupun memiliki potensi besar, penggunaan Zeno Paradox dalam pembelajaran memiliki beberapa keterbatasan. Konsep ketakhinggaan bersifat abstrak sehingga sulit dipahami siswa tanpa bantuan visualisasi atau representasi konkret.

Banyak siswa cenderung menganggap bahwa bilangan atau proses matematika harus memiliki akhir yang jelas. Hal ini menyebabkan munculnya miskonsepsi, misalnya menganggap bahwa proses pembagian tak berhingga

akan benar-benar mencapai nol atau berhenti pada suatu titik tertentu.

Selain itu, guru juga sering mengalami kesulitan menjelaskan konsep ketakhinggaan secara intuitif. Penelitian menunjukkan bahwa bahkan guru matematika pun dapat memiliki miskonsepsi mengenai konsep tak hingga dan kesetaraan bilangan seperti $0,999\dots = 1$ (Aarón Díaz-Espinoza et al., 2023).

Jika tidak dirancang dengan baik, paradoks dapat menimbulkan kebingungan konseptual pada siswa dibandingkan pemahaman yang lebih dalam.

c. *Opportunities* (Peluang)

Penggunaan Zeno Paradox dalam pembelajaran membuka peluang untuk mengembangkan pembelajaran matematika berbasis eksplorasi dan inkuiri. Pendekatan ini memungkinkan siswa mengembangkan pemahaman tentang bilangan pecahan, garis bilangan, dan pembagian tanpa batas yang merupakan fondasi konsep limit.

Di era pembelajaran digital, paradoks juga dapat divisualisasikan melalui animasi, simulasi, atau manipulatif digital, sehingga konsep tak berhingga menjadi lebih mudah dipahami. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa aktivitas berbasis eksplorasi numerik dapat meningkatkan kemampuan number sense siswa dalam memahami hubungan bilangan (Rahayuningsih et al., 2025).

Selain itu, pendekatan ini dapat menjadi inovasi dalam kurikulum matematika sekolah dasar karena biasanya konsep limit baru diperkenalkan di tingkat SMA. Dengan memperkenalkan intuisi limit lebih awal,

siswa dapat memiliki kesiapan konseptual yang lebih baik ketika mempelajari kalkulus.

d. *Threats* (Ancaman)

Tantangan utama dalam penerapan pendekatan Zeno Paradox adalah keterbatasan kurikulum dan kesiapan guru. Kurikulum sekolah dasar umumnya tidak secara eksplisit membahas konsep ketaklingkaan atau limit, sehingga penggunaan paradoks sering dianggap berada di luar cakupan materi.

Selain itu, jika pendekatan ini tidak didukung dengan strategi pembelajaran yang tepat, siswa dapat mengembangkan miskonsepsi permanen mengenai bilangan dan proses tak berhingga. Misalnya, mereka dapat menyimpulkan bahwa matematika bersifat kontradiktif atau tidak konsisten (Deny Hadi Siswanto et al., 2025).

Faktor lain yang menjadi ancaman adalah kurangnya sumber belajar yang secara khusus mengintegrasikan paradoks matematika dalam pembelajaran tingkat dasar. Tanpa panduan pedagogis yang jelas, guru mungkin enggan menggunakan pendekatan ini dalam praktik pembelajaran.

4. KESIMPULAN

Konsep limit dan ketaklingkaan menjelaskan bahwa suatu nilai dapat mendekati nilai tertentu melalui proses yang berlangsung tanpa batas. Secara matematis, konsep ini dinyatakan melalui definisi limit yang menunjukkan bahwa nilai fungsi dapat semakin dekat dengan suatu bilangan tertentu ketika variabelnya menuju nilai tertentu atau menuju tak hingga.

Paradoks Zeno, seperti kisah Achilles dan kura-kura, menggambarkan kesulitan manusia dalam memahami pembagian tak hingga dalam ruang dan waktu. Meskipun secara intuitif tampak kontradiktif, perkembangan matematika modern melalui konsep limit dan deret tak hingga mampu menjelaskan paradoks tersebut secara logis.

Dalam pembelajaran matematika, konsep Zeno Paradox berpotensi digunakan sebagai pendekatan untuk memperkuat intuisi siswa terhadap konsep limit dan ketaklingkaan. Melalui ilustrasi paradoks, siswa dapat memahami bahwa proses yang berlangsung tanpa batas tidak selalu menghasilkan nilai tak hingga, tetapi dapat mendekati suatu nilai tertentu. Namun, penerapannya perlu dirancang secara sistematis agar tidak menimbulkan miskonsepsi pada siswa.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aarón Díaz-Espinoza, I., Antonio Juárez-López, J., & Juárez-Ruiz, E. (2023). Exploring a Mathematics Teacher's Conceptions of Infinity: The Case of Louise. *Indonesian Journal of Mathematics Education*, 6(1), 1–6.
- Ahyan, S., Turmudi, T., & Juandi, D. (2021). Bibliometric analysis of research on mathematical literacy in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1869(1), 0–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012120>
- Azis, Y. M., & Rohaeti, E. E. (2025). A systematic literature review on implementation of GeoGebra: Benefits and challenges in mathematics education. *Infinity Journal*, 14(3), 655–672. <https://doi.org/10.22460/infinity.v>

- Bas, T. (2005). A Survey of Mathematical and Philosophical Problems Generated by Zeno's Paradoxes in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Arts in Department of Philosophy. *Department of Philosophy., April*, 77.
- Deny Hadi Siswanto, Kintoko Kintoko, Tarso Tarso, Rohmanur Mala, & Rif'an Efendi. (2025). Development of A Mathematics Module On Infinite Limits of Algebraic Functions To Enhance Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Ilmu*, 2(3), 10–21. <https://doi.org/10.69714/7a0ppg56>
- Fauziyyah, F., & Harisman, Y. (2025). An Analysis of Prospective Mathematics Teachers' Knowledge About Zeno's Paradox of Motion. *Jurnal Pendidikan Matematika (JPM)*, 10(1), 74–85.
- Feng, J. Q. (2023). The Fallacy in the Paradox of Achilles and the Tortoise. *Cornell University*, 0, 1–4.
- Groarke, L. (1982). Zeno's Dichotomy : Undermining The Modern Response. *Auslegung: A Journal of Philosophy*, 9(1), 67–75.
- Hong, Z., & Qiang, Z. H. (2021). Original Paper An Analysis of Zeno's Paradox and Non-measurable Sets Based on Dialectical Infinity. *Journal of Research in Philosophy and History*, 4(4), 30–36. <https://doi.org/10.22158/jrph.v4n4p30>
- Indriani, S., Ahsan, M., Aras, A., & Buhaerah. (2023). Limit function misconception in mathematics education students. *Jurnal Prinsip Pendidikan Matematika*, 6(2). <https://doi.org/10.33578/prinsip.v6i2.203>
- Kristanto, Y. D., Melissa, M. M., & Panuluh, A. H. (2020). Discovering the formal definition of limit through exploration in dynamic geometry environments. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(7), 1045–1063. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1736516>
- Manurung, N., Nadila, A., Zulhalizah, A., Yarmita, A., Irwani, D., H. S. B., & Zeno, P. (2025). Menelusuri Relasi Matematis: Paradoks Zeno Dalam Konteks Kalkulus Dan Teori Limit. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 8(1), 1541–1548.
- Rabikah, S., Sartika, A. ., Hatika, H., & Nurfayanti, N. (2025). Systematics Literature Review : Menyelaraskan Intuisi Dan Logika Dalam Pembelajaran Matematika. *De Fermat : Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2), 858–866. <https://doi.org/10.36277/deferfat.v8i2.2375>
- Rahayuningsih, S., Jaafar, W. M. B. W., Kamarudin, N., & Gazali, M. (2025). Unveiling Elementary School Students' Thinking Processes in Conquering The Natural Number Bias. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 17(4), 541–553. <https://doi.org/10.26822/iejee.2025.398>
- Rahmatillah, R., Hidayat, W., & Fauzi, F. (2023). Analisis miskonsepsi siswa pada materi limit fungsi aljabar. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 6(2), 649–

Sabirin, M. (2014). Konsep Ketakhinggaan dalam Matematika. *EDU-MAT Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(1), 1–7.

Silagadze, Z. K. (2005). *Zeno meets modern science*.

Srinivasan, R. (2019). *Logical Foundations of Physics . Part I . Zeno's Dichotomy Paradox , Supertasks and The Failure of Classical Infinitary Reasoning*.

Stefanov, A. S. (2013). Zeno's Paradoxes Revisited. *Logos & Episteme*, 4(3), 319–335.

Sugiyono. (2019). *Metode penelitian pendidikan (pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta.

Verina, N., & Juandi, D. (2022). Indonesian students' conceptual understanding in mathematics based on learning style: A systematic literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 2165(1), 12032. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2165/1/012032>