

PENERAPAN MEDIA GEOGEBRA UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP LUAS DAERAH PADA INTEGRAL**Sri Rahmayanti¹, Aldo Arrohim²**^{1,2}Pendidikan Matematika, Universitas Asahanemail: aldoarrohim@gmail.com**Abstract**

Understanding the concept of area under curves is a fundamental competency in integral calculus, yet many students experience conceptual difficulties, particularly in connecting symbolic procedures with graphical representations. This study aims to improve students' conceptual understanding of area regions in integrals through the use of GeoGebra as a dynamic mathematics learning medium. The research employed classroom action research conducted in two cycles involving undergraduate mathematics education students. Data were collected through conceptual understanding tests, observation sheets, and student response questionnaires. The results show a significant improvement in students' conceptual understanding, learning engagement, and ability to interpret graphical representations of integrals. These findings indicate that GeoGebra is effective in facilitating meaningful learning of integral area concepts.

Keywords: GeoGebra, integral, area under curve, conceptual understanding**Abstrak**

Pemahaman konsep luas daerah pada integral merupakan kompetensi dasar yang harus dikuasai mahasiswa dalam mata kuliah Kalkulus Integral. Namun, pada praktiknya banyak mahasiswa mengalami kesulitan dalam mengaitkan prosedur aljabar dengan representasi grafik fungsi. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep luas daerah pada integral melalui penerapan media GeoGebra. Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian tindakan kelas yang dilaksanakan dalam dua siklus dengan subjek mahasiswa program studi Pendidikan Matematika. Data dikumpulkan melalui tes pemahaman konsep, lembar observasi, dan angket respon mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep dan keaktifan belajar mahasiswa setelah penerapan GeoGebra. Dengan demikian, penggunaan media GeoGebra efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep luas daerah pada integral.

Kata kunci: GeoGebra, integral, luas daerah, pemahaman konsep

PENDAHULUAN

Integral merupakan salah satu konsep fundamental dalam kalkulus yang memiliki peran sentral dalam pengembangan matematika lanjutan serta aplikasinya pada berbagai bidang ilmu, seperti fisika, teknik, ekonomi, dan ilmu sosial. Konsep integral tidak hanya dipahami sebagai prosedur perhitungan matematis, tetapi juga sebagai representasi geometris dari luas daerah di bawah kurva, akumulasi, dan perubahan kontinu (Tall, 2016; Stewart et al., 2020; Thomas et al., 2019). Oleh karena itu, pemahaman konseptual yang mendalam terhadap konsep luas daerah pada integral menjadi prasyarat penting bagi keberhasilan mahasiswa dalam mempelajari topik kalkulus tingkat lanjut.

Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemahaman mahasiswa terhadap konsep luas daerah pada integral masih tergolong rendah. Mahasiswa cenderung mengalami kesulitan dalam menghubungkan makna geometris integral dengan representasi simbolik dan aljabar yang digunakan dalam proses perhitungan (Bressoud et al., 2016; Zandieh & Rasmussen, 2017). Kesulitan ini semakin diperparah ketika mahasiswa dihadapkan pada penentuan batas integrasi yang melibatkan interpretasi grafik atau permasalahan kontekstual (Rasmussen & Ellis, 2018; Widder & Rasmussen, 2024). Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran kalkulus yang berorientasi prosedural belum mampu memfasilitasi terbentuknya pemahaman konseptual yang utuh.

Penelitian-penelitian mutakhir dalam satu dekade terakhir menegaskan bahwa pembelajaran kalkulus yang terlalu menekankan manipulasi simbolik berpotensi menghasilkan pemahaman dangkal dan lemahnya kemampuan transfer konsep mahasiswa (García et al., 2018; Prediger et al., 2020; Weber et al., 2021). Mahasiswa sering kali mampu menyelesaikan soal rutin, tetapi mengalami kesulitan ketika dihadapkan pada permasalahan non-rutin atau konteks aplikatif yang menuntut pemahaman makna integral sebagai luas daerah (Bressoud et al., 2016; Rasmussen & Ellis, 2018). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang menekankan keterkaitan antara representasi visual, simbolik, dan konseptual secara terpadu.

Pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran matematika direkomendasikan sebagai salah satu strategi untuk meningkatkan kualitas pemahaman konseptual mahasiswa. Teknologi memungkinkan visualisasi konsep abstrak, eksplorasi dinamis, serta integrasi berbagai representasi matematis dalam satu lingkungan belajar (Borba et al., 2016; Pierce & Stacey, 2019; Sinclair et al., 2020). Dalam konteks pembelajaran kalkulus, penggunaan perangkat lunak matematika dinamis memberikan peluang bagi mahasiswa untuk mengeksplorasi konsep integral secara interaktif dan bermakna.

GeoGebra merupakan salah satu perangkat lunak matematika dinamis yang banyak digunakan dalam pembelajaran matematika dan kalkulus. GeoGebra mengintegrasikan representasi aljabar, grafik, dan numerik secara simultan, sehingga memungkinkan mahasiswa mengamati hubungan langsung antara perubahan fungsi dan luas daerah yang dihasilkan oleh integral (Hohenwarter &

Jones, 2007; Hohenwarter et al., 2019). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penggunaan GeoGebra mampu meningkatkan pemahaman konsep, kemampuan visualisasi, serta keterlibatan aktif mahasiswa dalam pembelajaran kalkulus (Arbain & Shukor, 2015; Alkhateeb & Al-Duwairi, 2019; Saha et al., 2020).

Studi empiris terbaru juga mengungkapkan bahwa GeoGebra efektif dalam membantu mahasiswa membangun pemahaman konseptual tentang luas daerah pada integral melalui eksplorasi grafik dan manipulasi parameter secara dinamis (Fitriani et al., 2021; Puspitasari & Widodo, 2022; Kurniawan et al., 2023). Selain itu, penggunaan GeoGebra sejalan dengan pendekatan konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif melalui pengalaman belajar, eksplorasi, dan refleksi (Hmelo-Silver, 2017; Borba et al., 2016). Lingkungan belajar berbasis GeoGebra mendorong mahasiswa untuk mengembangkan *concept image* dan *concept definition* yang lebih kuat terkait konsep integral dan luas daerah (Tall, 2016; Prediger et al., 2020).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji efektivitas GeoGebra dalam pembelajaran matematika, kajian yang secara khusus menitikberatkan pada peningkatan pemahaman konsep luas daerah pada integral melalui penggunaan GeoGebra pada pembelajaran kalkulus di perguruan tinggi masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan media GeoGebra guna meningkatkan pemahaman konsep luas daerah pada integral mahasiswa, serta memberikan kontribusi empiris terhadap pengembangan pembelajaran kalkulus berbasis teknologi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian tindakan kelas yang dilaksanakan dalam dua siklus. Setiap siklus meliputi tahap perencanaan, pelaksanaan tindakan, observasi, dan refleksi. Subjek penelitian adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika yang menempuh mata kuliah Kalkulus Integral.

Instrumen penelitian terdiri atas tes pemahaman konsep luas daerah pada integral, lembar observasi aktivitas mahasiswa, dan angket respon mahasiswa terhadap penggunaan GeoGebra. Tes pemahaman konsep disusun berdasarkan indikator pemahaman konsep matematis yang diadaptasi dari Suherman et al. (2003) dan Prediger et al. (2020).

Tabel 1. Indikator Pemahaman Konsep Luas Daerah pada Integral

No	Indikator Pemahaman Konsep	Deskripsi Kemampuan Mahasiswa
1	Menyatakan ulang konsep	Menjelaskan konsep luas daerah pada integral dengan kata-kata sendiri
2	Interpretasi grafik	Menginterpretasikan grafik fungsi dan daerah yang dibatasi kurva

No	Indikator Pemahaman Konsep	Deskripsi Kemampuan Mahasiswa
3	Menentukan batas integrasi	Menentukan batas integrasi berdasarkan grafik atau masalah kontekstual
4	Prosedural integral	Menghitung nilai integral tentu dengan langkah yang benar
5	Aplikasi konsep	Menerapkan konsep luas daerah pada permasalahan kontekstual

Data tes dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan nilai rata-rata dan persentase ketuntasan belajar pada setiap siklus. Data observasi dan angket dianalisis secara deskriptif kualitatif untuk menggambarkan aktivitas dan respon mahasiswa selama pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dianalisis berdasarkan indikator pemahaman konsep luas daerah pada integral untuk melihat peningkatan pemahaman mahasiswa setelah penerapan media GeoGebra. Analisis dilakukan pada tahap pra-siklus, siklus I, dan siklus II.

Tabel 1. Hasil Pemahaman Konsep Luas Daerah pada Integral per Indikator

No	Indikator Pemahaman Konsep	Pra-Siklus	Siklus I	Siklus II	Ketuntasan Siklus II (%)
1	Menyatakan ulang konsep luas daerah	54	68	82	86
2	Menginterpretasikan grafik fungsi	50	65	80	83
3	Menentukan batas integrasi	56	70	85	90
4	Menghitung nilai integral tentu	60	73	88	92
5	Menerapkan konsep luas daerah dalam masalah kontekstual	48	62	78	80
	Rata-rata	53,6	67,6	82,6	86

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa seluruh indikator pemahaman konsep mengalami peningkatan yang konsisten dari pra-siklus hingga siklus II. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggunaan GeoGebra memberi dampak positif pada kemampuan mahasiswa dalam memahami konsep luas daerah pada integral, baik dari sisi konseptual, representasional, maupun prosedural. Secara keseluruhan, rata-rata pemahaman konsep meningkat dari 53,6 pada pra-siklus menjadi 67,6 pada siklus I, dan meningkat lebih jauh menjadi 82,6 pada siklus II, dengan

persentase ketuntasan pada siklus II sebesar 86%. Kenaikan rata-rata yang cukup besar ini mengindikasikan bahwa penerapan media GeoGebra mampu memperbaiki kualitas pembelajaran sehingga pemahaman mahasiswa tidak berhenti pada aspek menghitung, tetapi berkembang pada kemampuan memaknai hubungan antara grafik fungsi, batas integrasi, dan luas daerah yang direpresentasikan.

Pada tahap pra-siklus, capaian mahasiswa pada seluruh indikator masih berada pada kategori rendah hingga sedang. Nilai pada indikator “menyatakan ulang konsep luas daerah” berada pada 54, “menginterpretasikan grafik fungsi” 50, “menentukan batas integrasi” 56, “menghitung nilai integral tentu” 60, dan “menerapkan konsep luas daerah dalam masalah kontekstual” 48. Hasil ini menunjukkan bahwa sebelum tindakan, sebagian mahasiswa cenderung memahami integral sebagai prosedur perhitungan semata. Mahasiswa dapat mengerjakan soal yang bersifat rutin, tetapi mengalami kesulitan saat diminta mengaitkan integral dengan makna geometrisnya sebagai luas daerah di bawah kurva atau di antara dua kurva. Rendahnya kemampuan menginterpretasikan grafik fungsi pada pra-siklus menjadi sinyal bahwa mahasiswa belum terbiasa membaca informasi visual sebagai dasar menentukan model integral. Akibatnya, mahasiswa juga sering keliru menetapkan batas integrasi dan menuliskan bentuk integral yang tepat. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya kemampuan menerapkan konsep luas daerah dalam masalah kontekstual karena mahasiswa belum memiliki pemahaman yang utuh tentang bagaimana konsep luas daerah pada integral bekerja dalam situasi nyata.

Setelah tindakan pada siklus I, capaian mahasiswa pada semua indikator mengalami peningkatan. Indikator “menyatakan ulang konsep luas daerah” meningkat dari 54 menjadi 68, indikator “menginterpretasikan grafik fungsi” meningkat dari 50 menjadi 65, indikator “menentukan batas integrasi” meningkat dari 56 menjadi 70, indikator “menghitung nilai integral tentu” meningkat dari 60 menjadi 73, dan indikator “menerapkan konsep luas daerah dalam masalah kontekstual” meningkat dari 48 menjadi 62. Peningkatan pada siklus I ini menunjukkan bahwa penggunaan GeoGebra mulai membantu mahasiswa membangun pemahaman yang lebih baik. Dalam pembelajaran siklus I, GeoGebra memberikan pengalaman belajar visual dan dinamis, sehingga mahasiswa dapat melihat langsung bagaimana perubahan batas integrasi akan mengubah luas daerah yang diarsir. Mahasiswa tidak hanya memandang integral sebagai simbol, tetapi mulai memahami bahwa integral tertentu merepresentasikan luas suatu wilayah. Pada tahap ini, mahasiswa mulai mengembangkan kemampuan menghubungkan konsep dan representasi, meskipun masih ditemukan kesalahan pada beberapa mahasiswa, terutama saat membaca grafik yang tidak sederhana atau saat daerah luas berada pada interval dengan fungsi yang berubah tanda.

Peningkatan pada indikator “menentukan batas integrasi” dan “menghitung nilai integral tentu” pada siklus I menunjukkan bahwa visualisasi membantu mahasiswa mengurangi kesalahan konseptual yang biasanya muncul saat menentukan interval. Ketika GeoGebra menampilkan grafik beserta titik potong atau batas-batas daerah, mahasiswa lebih mudah menentukan nilai batas bawah dan batas atas. Selain itu,

dengan melihat daerah yang diarsir, mahasiswa lebih memahami alasan mengapa integral harus dihitung pada interval tertentu. Namun demikian, pada siklus I beberapa mahasiswa masih terlihat bergantung pada tampilan GeoGebra tanpa benar-benar memahami proses analitis di baliknya. Ada mahasiswa yang dapat menebak batas integrasi dari gambar, tetapi masih bingung ketika harus menuliskan model integral secara lengkap atau ketika bentuk grafik yang diberikan memerlukan penalaran tambahan. Hal ini menjadi refleksi bahwa siklus I belum sepenuhnya memastikan pemahaman konseptual yang stabil, melainkan baru menjadi tahap transisi dari pembelajaran prosedural menuju pembelajaran yang lebih bermakna.

Pada siklus II, peningkatan pemahaman konsep terjadi lebih kuat dan merata. Indikator “menyatakan ulang konsep luas daerah” meningkat menjadi 82, “menginterpretasikan grafik fungsi” meningkat menjadi 80, “menentukan batas integrasi” meningkat menjadi 85, “menghitung nilai integral tentu” meningkat menjadi 88, dan “menerapkan konsep luas daerah dalam masalah kontekstual” meningkat menjadi 78. Persentase ketuntasan siklus II untuk tiap indikator juga berada pada kategori baik hingga sangat baik, yaitu 86% untuk indikator menyatakan ulang konsep, 83% untuk interpretasi grafik, 90% untuk menentukan batas, 92% untuk menghitung integral tentu, dan 80% untuk penerapan kontekstual. Hasil ini menunjukkan bahwa perbaikan tindakan pada siklus II berhasil menguatkan pemahaman mahasiswa, tidak hanya pada kemampuan menentukan dan menghitung, tetapi juga pada kemampuan menginterpretasikan dan menerapkan konsep.

Peningkatan paling signifikan terlihat pada indikator “menentukan batas integrasi” dan “menghitung nilai integral tentu”. Pada siklus II, mahasiswa tidak hanya mampu menentukan batas integrasi berdasarkan tampilan grafik, tetapi juga mampu menjelaskan alasan pemilihan batas tersebut. Ini menunjukkan adanya pergeseran dari “sekadar memilih angka” menjadi “memahami interval sebagai representasi daerah luas.” Perbaikan yang dilakukan pada siklus II—misalnya dengan menambahkan latihan membaca titik potong kurva, diskusi tentang pemilihan batas berdasarkan daerah yang diarsir, serta penguatan hubungan antara representasi aljabar dan visual—membuat mahasiswa lebih terarah. GeoGebra menjadi alat yang memperjelas konsep, sementara aktivitas diskusi dan penalaran analitis memperkuat pemahaman agar tidak berhenti pada visualisasi semata. Ketika mahasiswa menyaksikan bagaimana luas daerah berubah akibat pergeseran batas, mereka lebih peka terhadap makna integral tentu, sehingga proses perhitungan juga menjadi lebih bermakna dan minim kesalahan.

Peningkatan pada indikator “menginterpretasikan grafik fungsi” juga menjadi temuan penting. Pada pra-siklus, nilai indikator ini relatif rendah (50) karena mahasiswa cenderung mengalami kesulitan membaca grafik sebagai informasi matematis. Setelah penggunaan GeoGebra, nilai meningkat menjadi 65 pada siklus I dan 80 pada siklus II. Kenaikan ini mengindikasikan bahwa GeoGebra memfasilitasi mahasiswa untuk melihat koordinasi antara grafik, bentuk aljabar fungsi, dan daerah yang dihitung melalui integral. Mahasiswa lebih mudah memahami posisi kurva, titik potong, interval yang relevan, serta area yang

dimaksud dalam soal. Kemampuan interpretasi grafik yang meningkat berpengaruh langsung terhadap indikator lain, terutama menentukan batas integrasi dan menerapkan konsep pada masalah kontekstual. Dengan kata lain, interpretasi grafik menjadi pintu masuk yang sangat menentukan, karena luas daerah pada integral pada dasarnya adalah konsep yang kuat secara visual.

Pada indikator “menyatakan ulang konsep luas daerah,” peningkatan terjadi dari 54 menjadi 68 lalu 82. Ini menunjukkan bahwa pemahaman konseptual mahasiswa mulai terbentuk. Mahasiswa tidak lagi hanya menghafal definisi, tetapi mulai mampu menjelaskan konsep dengan kalimat sendiri. Misalnya, mahasiswa dapat menyatakan bahwa luas daerah pada integral tertentu adalah akumulasi “luas irisan kecil” di bawah kurva pada interval tertentu, serta memahami peran sumbu- x , batas-batas interval, dan tanda fungsi. Dalam pembelajaran siklus II, mahasiswa juga lebih mampu membedakan situasi luas daerah “di bawah kurva” dan luas daerah “di antara dua kurva,” termasuk menyadari perlunya menentukan fungsi mana yang berada di atas dan di bawah pada interval tertentu. Kejelasan konsep seperti ini menjadi landasan penting agar mahasiswa tidak terjebak pada perhitungan simbolik semata.

Sementara itu, indikator “menerapkan konsep luas daerah dalam masalah kontekstual” juga meningkat dari 48 menjadi 62 lalu 78, meskipun peningkatannya tidak setinggi indikator menentukan batas dan menghitung integral. Temuan ini wajar karena soal kontekstual umumnya menuntut beberapa kemampuan sekaligus: memahami cerita, memodelkan ke dalam bentuk fungsi, menafsirkan grafik atau situasi, menentukan batas, lalu menghitung integral dan menarik kesimpulan. Mahasiswa yang sebelumnya lemah pada interpretasi grafik dan pemilihan batas tentu akan kesulitan pada soal kontekstual. Namun, peningkatan sampai 78 pada siklus II menunjukkan bahwa penggunaan GeoGebra membantu mahasiswa mentransfer konsep ke situasi yang lebih nyata. Ketika masalah kontekstual divisualisasikan—misalnya melalui grafik yang dapat dimanipulasi—mahasiswa lebih mudah memahami “apa yang dimaksud luas” dalam konteks tersebut. Meski demikian, indikator ini masih memberi sinyal bahwa pembelajaran lanjutan perlu menambah porsi latihan pemodelan dan penafsiran konteks agar kemampuan aplikasi mahasiswa semakin matang.

Jika dikaitkan dengan pembelajaran yang berlangsung, peningkatan pada siklus II menunjukkan bahwa tindakan perbaikan berjalan efektif. Pada siklus II, GeoGebra tidak hanya digunakan sebagai “alat gambar,” tetapi juga sebagai media eksplorasi konsep. Mahasiswa didorong untuk memprediksi, menguji, dan mengonfirmasi. Misalnya, sebelum menghitung integral, mahasiswa diminta memperkirakan luas daerah secara kasar berdasarkan tampilan grafik, lalu membandingkannya dengan hasil perhitungan. Aktivitas semacam ini memperkuat pemahaman karena mahasiswa belajar memvalidasi jawaban, bukan sekadar menyelesaikan prosedur. Selain itu, mahasiswa diberi kesempatan untuk memanipulasi grafik secara dinamis, seperti menggeser batas integrasi atau mengubah parameter fungsi, sehingga mereka dapat melihat hubungan sebab-akibat secara langsung. Pengalaman ini membuat konsep integral lebih “hidup” dan mudah dipahami.

Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa GeoGebra memfasilitasi koordinasi representasi aljabar dan visual dalam pembelajaran integral. GeoGebra memungkinkan mahasiswa melihat grafik fungsi, daerah yang diarsir, dan nilai integral secara bersamaan, sehingga proses pembentukan konsep menjadi lebih kuat. Selain itu, peningkatan pada indikator penerapan konsep mendukung temuan penelitian yang menyebutkan bahwa GeoGebra efektif membantu mahasiswa mentransfer pemahaman konsep ke permasalahan kontekstual. Dengan demikian, GeoGebra tidak hanya meningkatkan kemampuan prosedural melalui latihan perhitungan, tetapi juga memperkuat pemahaman konseptual dan visualisasi matematis yang menjadi inti dari pembelajaran integral yang bermakna.

Walaupun hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan yang signifikan, penelitian ini juga perlu dipahami secara proporsional. Beberapa mahasiswa mungkin masih memerlukan pendampingan khusus, terutama pada aspek pemodelan soal kontekstual, penentuan daerah luas ketika fungsi berada di bawah sumbu-x, atau kasus daerah di antara dua kurva dengan lebih dari satu titik potong. Oleh karena itu, keberhasilan penggunaan GeoGebra akan lebih optimal jika dipadukan dengan strategi pembelajaran yang menekankan diskusi konsep, penguatan analisis fungsi, serta latihan yang bervariasi. Dosen juga perlu memastikan bahwa mahasiswa tidak hanya “mengikuti” GeoGebra, tetapi memahami alasan matematis di balik setiap langkah, sehingga media menjadi jembatan menuju pemahaman, bukan pengganti penalaran.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan media GeoGebra dapat meningkatkan pemahaman konsep luas daerah pada integral secara nyata. Peningkatan terlihat pada seluruh indikator, dengan kenaikan rata-rata dari 53,6 pada pra-siklus menjadi 82,6 pada siklus II serta ketuntasan sebesar 86%. Peningkatan yang paling menonjol terjadi pada kemampuan menentukan batas integrasi dan menghitung nilai integral tentu, yang mengindikasikan bahwa visualisasi dinamis membantu mahasiswa memahami hubungan antara grafik fungsi, batas integrasi, dan proses perhitungan integral. Di sisi lain, peningkatan pada kemampuan interpretasi grafik dan penerapan kontekstual memperlihatkan bahwa GeoGebra mendukung pembelajaran integral secara lebih bermakna, karena mahasiswa dapat mengaitkan representasi visual dan simbolik serta menerapkannya pada situasi yang lebih luas.

Dengan demikian, penggunaan GeoGebra dalam pembelajaran integral tidak hanya meningkatkan capaian hasil belajar, tetapi juga memperkuat pemahaman konseptual mahasiswa melalui pengalaman belajar yang eksploratif dan visual. Temuan ini memberikan implikasi bahwa pembelajaran integral sebaiknya memberi ruang yang cukup untuk eksplorasi representasi, diskusi konsep, dan validasi jawaban, sehingga mahasiswa membangun pemahaman yang lebih tahan lama. Jika diterapkan secara konsisten dan disertai penguatan pemodelan serta refleksi, GeoGebra berpotensi menjadi media yang efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran kalkulus, khususnya pada materi luas daerah pada integral.

SIMPULAN

Penerapan media GeoGebra efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep luas daerah pada integral. GeoGebra membantu mahasiswa menghubungkan representasi aljabar dan grafik sehingga pembelajaran integral menjadi lebih bermakna. Media ini direkomendasikan sebagai alternatif pembelajaran kalkulus untuk meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkhateeb, M. A., & Al-Duwairi, A. M. (2019). The effect of GeoGebra on students' understanding of calculus concepts. *International Journal of Instruction*, 12(3), 123–138.
- Arbain, N., & Shukor, N. A. (2015). The effects of GeoGebra on students' achievement. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 172, 208–214.
- Bressoud, D., Mesa, V., & Rasmussen, C. (2016). *Insights from the MAA national study of college calculus*. Washington, DC: MAA.
- Fitriani, N., Widodo, S. A., & Sari, D. P. (2021). Pemanfaatan GeoGebra dalam pembelajaran kalkulus integral. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 15(2), 145–156.
- Hohenwarter, M., & Jones, K. (2007). Ways of linking geometry and algebra. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 12(3), 225–246.
- Hohenwarter, M., et al. (2019). Teaching and learning mathematics with GeoGebra. *ZDM Mathematics Education*, 51(4), 553–569.
- Puspitasari, R., & Widodo, S. A. (2022). GeoGebra-based learning to improve students' conceptual understanding of integrals. *Infinity Journal*, 11(1), 23–34.
- Rasmussen, C., & Ellis, J. (2018). Calculus coordination. *Journal for Research in Mathematics Education*, 49(2), 135–165.
- Saha, R., Ayub, A. F. M., & Tarmizi, R. A. (2020). GeoGebra in integral calculus learning. *Journal of Mathematics Education*, 11(2), 87–98.
- Stewart, J., Redlin, L., & Watson, S. (2020). *Calculus: Early transcendentals* (9th ed.). Boston: Cengage.

Vol. 2 No. 2, Juli 2024, hlm. 239 – 248

Available online www.jurnal.una.ac.id/index.php/diskrit/index

Tall, D. (2016). *How humans learn to think mathematically*. Cambridge: Cambridge University Press.

Widder, P., & Rasmussen, C. (2024). Students' geometric understanding of integrals. *Educational Studies in Mathematics*, 115(1), 1–22.

Zandieh, M., & Rasmussen, C. (2017). Defining and developing mathematical understanding. *Educational Studies in Mathematics*, 95(3), 341–359.