

## Pemanfaatan Analisis Kompleks Berbasis Software Matematis bagi Mahasiswa Pendidikan Matematika

Khofifatun Amila<sup>1\*</sup>, Indah Lestari<sup>2</sup>, Meylani Vita Lestari<sup>3</sup>, Nurul Husnah Mustika Sari<sup>4</sup>

Program Studi Tadris Matematika, Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia<sup>1,2,3,4</sup>

\*E-mail: [khofifatun.amila@mhs.uingusdur.ac.id](mailto:khofifatun.amila@mhs.uingusdur.ac.id)

---

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received: 24-12-2025

Revised: 05-02-2026

Accepted: 02-03-2026

#### Keywords

Analisis kompleks;  
Matematis Software;  
visualisasi pembelajaran;  
pemahaman konsep;  
pendidikan matematika.

### ABSTRACT

Analisis kompleks merupakan mata kuliah dengan tingkat abstraksi tinggi yang sering menimbulkan kesulitan pemahaman konsep bagi mahasiswa Pendidikan Matematika. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mendukung pembelajaran adalah pemanfaatan *software* matematis yang menyediakan fasilitas visualisasi dan eksplorasi konsep secara interaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan persepsi mahasiswa terhadap pemanfaatan *software* matematis dalam pembelajaran analisis kompleks, khususnya ditinjau dari aspek akses *software*, manfaat pembelajaran, dan kendala penggunaan. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan subjek 30 mahasiswa Pendidikan Matematika yang telah mengikuti pembelajaran analisis kompleks berbantuan *software* matematis. Data dikumpulkan melalui angket persepsi mahasiswa berbentuk skala Likert yang terdiri atas tujuh butir pernyataan valid. Analisis data dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata (*mean*) pada setiap indikator persepsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa indikator manfaat pembelajaran memperoleh nilai rata-rata tertinggi dan berada pada kategori tinggi, yang mengindikasikan bahwa *software* matematis membantu mahasiswa dalam memahami konsep-konsep analisis kompleks, khususnya melalui visualisasi pemetaan fungsi kompleks. Sementara itu, indikator akses *software* dan kendala penggunaan berada pada kategori sedang, yang menunjukkan masih adanya keterbatasan teknis serta kebutuhan pendampingan dalam penggunaan *software*. Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan *software* matematis memberikan kontribusi positif terhadap pembelajaran analisis kompleks, namun perlu diintegrasikan secara terencana dengan pendampingan dosen agar penggunaan *software* tidak hanya bersifat visual, tetapi juga mendukung penguatan pemahaman analitis mahasiswa..

---

*Complex analysis is a course with a high level of abstraction that often causes difficulties in conceptual understanding among Mathematics Education students. One effort to support learning in this course is the use of mathematical software that provides interactive visualization and concept exploration. This study aims to describe students' perceptions of the use of mathematical software in complex analysis learning, particularly in terms of software access, learning benefits, and usage constraints. This research employed a quantitative descriptive approach involving 30 Mathematics Education students who had participated in complex analysis learning assisted by mathematical software. Data were collected using a student perception questionnaire in the form of a Likert scale consisting of seven valid statements. Data analysis was conducted descriptively by calculating the mean score for each perception indicator. The results indicate that the learning benefits indicator achieved the highest mean score and was categorized as high, suggesting that mathematical software helps students understand complex analysis concepts, especially through the visualization of complex function mappings. Meanwhile, the indicators of software access and usage constraints were categorized as moderate, indicating the presence of technical limitations and the need for instructional guidance in software use. Based on these findings, it can be concluded that the use of mathematical software contributes positively to complex analysis learning. However, its implementation needs to be systematically integrated*

---

*with lecturer guidance to ensure that software use not only emphasizes visual aspects but also strengthens students' analytical understanding..*

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



**How to Cite:** Amila, K., Lestari, I., Lestari, V. M., Sari, N. H. M.. (2025). Pemanfaatan Analisis Kompleks 'Berbasis Software Matematis Bagi Mahasiswa Pendidikan Matematika. *Haumeni Journal of Education*, 6(1), 1-10. doi: <https://doi.org/10.35508/haumeni.v6i1.26841>

## PENDAHULUAN

Analisis kompleks merupakan salah satu cabang penting dalam matematika yang mempelajari fungsi-fungsi bilangan kompleks beserta sifat-sifat analitisnya. Mata kuliah ini memiliki peran strategis dalam kurikulum pendidikan matematika di perguruan tinggi karena menjadi dasar bagi pengembangan berbagai konsep lanjut, seperti transformasi konformal, analisis Fourier, teori bilangan, komputasi numerik, serta pemodelan matematis dalam bidang sains dan teknik (Ablowitz & Fokas, 2021; Scott et al., 1985). Oleh karena itu, penguasaan analisis kompleks tidak hanya penting secara teoretis, tetapi juga berkontribusi terhadap pembentukan kompetensi akademik dan profesional calon pendidik matematika.

Namun demikian, analisis kompleks memiliki karakteristik materi yang bersifat abstrak dan menuntut struktur berpikir matematis yang tinggi. Mahasiswa dituntut untuk menguasai representasi simbolik, konsep limit dan turunan fungsi kompleks, serta kemampuan visualisasi pemetaan fungsi pada bidang kompleks. Kompleksitas ini sering menjadi sumber kesulitan dalam pembelajaran, terutama ketika mahasiswa harus mengaitkan makna simbolik dengan interpretasi geometris dan visual (Needham, 2023). Akibatnya, pemahaman konsep yang terbentuk cenderung bersifat prosedural dan kurang relasional.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa pendidikan matematika masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep kunci analisis kompleks, seperti bilangan kompleks dalam bentuk polar dan eksponensial, sifat analitik fungsi kompleks, integral kontur, serta transformasi konformal (Susilo et al., 2021; Tall, 2013). Kesulitan tersebut tidak hanya berkaitan dengan kemampuan manipulasi aljabar, tetapi juga dengan keterbatasan kemampuan visualisasi dan pemaknaan konsep secara konseptual. Pembelajaran analisis kompleks yang masih didominasi pendekatan simbolik dan prosedural dinilai belum sepenuhnya memberikan dukungan pedagogis bagi mahasiswa untuk mengonstruksi makna matematis secara mendalam (Arcavi, 2003)

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui pemanfaatan perangkat lunak matematis dalam pembelajaran. Berbagai *software* seperti *GeoGebra*, *MATLAB*, *Maple*, *Mathematica*, serta *Python* dengan pustaka matematis (*sympy* dan *mpmath*) menyediakan fasilitas visualisasi dinamis, komputasi simbolik, dan simulasi numerik yang memungkinkan mahasiswa mengeksplorasi konsep-konsep analisis kompleks secara lebih interaktif

(Hohenwarter & Hohenwarter, 2008; Weigand et al., 2024). Visualisasi pemetaan fungsi kompleks dan animasi transformasi fungsi memungkinkan mahasiswa mengaitkan konsep abstrak dengan representasi visual dan numerik, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna.

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan perangkat lunak matematis dalam pembelajaran dapat meningkatkan pemahaman konsep, penalaran matematis, literasi numerasi, serta sikap positif mahasiswa terhadap matematika (Drijvers et al., 2016; Pierce & Stacey, 2010). Dalam konteks mahasiswa pendidikan matematika, penggunaan teknologi juga berperan penting dalam membentuk kompetensi pedagogis dan literasi digital calon guru, yang selaras dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 dan profil guru profesional (Koehler et al., 2013).

Meskipun demikian, kajian empiris yang secara khusus mengkaji pemanfaatan perangkat lunak matematis dalam pembelajaran analisis kompleks pada mahasiswa pendidikan matematika masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian lebih berfokus pada materi kalkulus, geometri, atau aljabar elementer, sehingga integrasi teknologi pada materi analisis kompleks belum banyak dikaji secara sistematis (Zengin, 2017). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk memahami bagaimana pemanfaatan *software* matematis dapat meningkatkan pemahaman konsep, mengatasi miskonsepsi, serta mendukung konstruksi pengetahuan mahasiswa pada konteks analisis kompleks.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) bagaimana implementasi penggunaan perangkat lunak matematis dalam pembelajaran analisis kompleks pada mahasiswa pendidikan matematika; (2) bagaimana pengaruh pemanfaatan perangkat lunak matematis terhadap pemahaman konsep mahasiswa pada materi analisis kompleks; dan (3) faktor apa saja yang menjadi pendukung dan kendala dalam penerapan pembelajaran analisis kompleks berbasis *software* matematis.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan implementasi penggunaan perangkat lunak matematis dalam pembelajaran analisis kompleks, menganalisis pengaruh pemanfaatannya terhadap pemahaman konsep mahasiswa pendidikan matematika, serta mengidentifikasi faktor pendukung dan kendala dalam penerapan pembelajaran analisis kompleks berbasis perangkat lunak matematis.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif kuantitatif untuk menganalisis persepsi siswa terhadap pemanfaatan *software* matematis dalam pembelajaran analisis kompleks. Data penelitian dianalisis berdasarkan nilai rata-rata (*mean*) setiap indikator angket. Subjek penelitian adalah 30 mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika yang telah mengikuti pembelajaran analisis kompleks berbantuan *software* matematis. Penentuan subjek dilakukan menggunakan *purposive sampling*, dengan kriteria

siswa telah mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran yang melibatkan penggunaan *software* matematis.

Data penelitian diperoleh melalui angket persepsi siswa yang terdiri atas tujuh butir pernyataan valid. Angket disusun dalam bentuk skala likert untuk mengukur persepsi siswa terhadap manfaat pembelajaran, akses perangkat lunak, dan kendala penggunaan. Instrumen angket telah melalui uji validitas sebelum digunakan dalam pengumpulan data. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung nilai rata-rata (*mean*) pada setiap indikator persepsi. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel untuk menggambarkan kecenderungan persepsi siswa terhadap pemanfaatan *software* matematis dalam pembelajaran analisis kompleks.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan ini menyajikan hasil analisis deskriptif angket persepsi mahasiswa terhadap pemanfaatan *software* matematis dalam pembelajaran analisis kompleks serta pembahasannya berdasarkan kajian teoritis. Pengumpulan data persepsi mahasiswa terhadap pemanfaatan *software* matematis dalam pembelajaran analisis kompleks dilakukan melalui angket yang terdiri atas tujuh butir pernyataan valid. Angket diberikan kepada 30 mahasiswa Pendidikan Matematika yang telah mengikuti pembelajaran analisis kompleks berbantuan *software* matematis. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan melihat nilai rata-rata (*mean*) pada setiap indikator.

Hasil analisis menunjukkan bahwa indikator manfaat pembelajaran memperoleh nilai rata-rata tertinggi dibandingkan indikator lainnya, sedangkan indikator akses *software* dan kendala penggunaan berada pada kategori sedang. Ringkasan hasil analisis disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Analisis Deskriptif Persepsi Mahasiswa

Indikator	Mean	Kategori
Akses Software	3,33	Sedang
Manfaat Pembelajaran	3,64	Tinggi
Kendala Penggunaan	3,40	Sedang

Tabel 1 menunjukkan bahwa indikator manfaat pembelajaran memperoleh nilai rata-rata tertinggi, sedangkan indikator akses *software* dan kendala penggunaan berada pada kategori sedang. Temuan ini menjadi dasar pembahasan pada subbab berikut.

### 1. Analisis Implementasi Perangkat Lunak Matematis

Implementasi perangkat lunak matematis dalam pembelajaran analisis kompleks telah mulai diterapkan sebagai upaya untuk membantu mahasiswa memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak. Penggunaan *software* seperti *GeoGebra* dan *MATLAB* memungkinkan mahasiswa melakukan eksplorasi konsep secara lebih visual dan interaktif dibandingkan dengan pendekatan konvensional (Hohenwarter

& Hohenwarter, 2008). Dalam konteks mahasiswa pendidikan matematika, integrasi ini bertujuan untuk memenuhi tuntutan kompetensi abad ke-21 yang mencakup kreativitas, kolaborasi, berpikir kritis, dan komunikasi (4C) (Ristama, 2025). Berdasarkan hasil angket persepsi mahasiswa, indikator akses dan penggunaan *software* berada pada kategori sedang, yang menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa telah mampu mengakses dan menggunakan *software* matematis meskipun pemanfaatannya belum sepenuhnya optimal.

Temuan ini mengindikasikan bahwa implementasi *software* matematis dalam pembelajaran analisis kompleks telah berjalan, namun masih memerlukan penguatan dari sisi teknis dan pedagogis. Mahasiswa cenderung menggunakan *software* sebagai alat bantu tambahan, bukan sebagai bagian utama dari proses pembelajaran. Kondisi ini sejalan dengan pendapat Ziatdinov & Valles (2022) yang menyatakan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika memerlukan perencanaan instruksional yang matang agar dapat dimanfaatkan secara efektif.

## **2. Dinamika Visualisasi Pemetaan Konformal**

Salah satu keunggulan utama penggunaan *software* matematis dalam analisis kompleks adalah kemampuannya dalam memvisualisasikan pemetaan konformal dan transformasi fungsi kompleks. Visualisasi ini membantu mahasiswa memahami hubungan antara domain dan kodomain fungsi secara lebih konkret (Needham, 2023). Hasil angket menunjukkan bahwa indikator manfaat pembelajaran berada pada kategori tinggi, yang mengindikasikan bahwa mahasiswa merasakan manfaat nyata dari visualisasi yang disediakan oleh *software* matematis.

Melalui visualisasi dinamis, mahasiswa dapat mengamati perubahan bentuk dan perilaku fungsi kompleks secara langsung. Hal ini mempermudah mahasiswa dalam membangun intuisi matematis serta mengurangi kesalahan interpretasi konsep, sebagaimana dikemukakan oleh Tall (2013) bahwa visualisasi berperan penting dalam membangun pemahaman konseptual matematika tingkat lanjut.

## **3. Pengaruh terhadap Pemahaman Konseptual**

Penggunaan *software* matematis dalam pembelajaran analisis kompleks memberikan kontribusi positif terhadap pemahaman konseptual mahasiswa. Berdasarkan hasil angket, mahasiswa menilai bahwa *software* membantu mereka dalam memahami konsep-konsep dasar analisis kompleks, seperti bilangan kompleks, fungsi analitik, dan transformasi kompleks. Indikator manfaat pembelajaran yang berada pada kategori tinggi menunjukkan bahwa *software* berperan sebagai media pendukung dalam memperjelas konsep abstrak (Arcavi, 2003).

Kontribusi positif ini juga didorong oleh perubahan sikap mahasiswa terhadap matematika. Mahasiswa yang awalnya menganggap analisis kompleks sebagai subjek yang sulit dan membosankan (*killer subject*) menjadi lebih antusias karena elemen interaktif dalam *software* membuat pembelajaran lebih seperti "penemuan" daripada "penerimaan informasi" (Ristama, 2025). Meskipun demikian, pemahaman konseptual yang diperoleh mahasiswa tidak semata-mata bergantung pada penggunaan *software*, tetapi juga dipengaruhi oleh kemampuan analitis dan penguasaan teori dasar. Oleh karena itu,

*software* matematis sebaiknya digunakan sebagai alat bantu yang melengkapi pembelajaran, bukan sebagai pengganti proses penalaran matematis formal (Tall & Vinner, 1981).

#### **4. Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Pembelajaran Analisis Kompleks**

Meskipun teknologi menawarkan banyak kemudahan, hasil penelitian tetap mencatat adanya kesalahan-kesalahan yang dilakukan mahasiswa. Menggunakan kerangka *Newman's Error Analysis* (NEA), kesalahan mahasiswa dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori: kesalahan membaca, memahami, transformasi, keterampilan proses, dan penulisan jawaban (Anam et al., 2022). Dalam pembelajaran berbasis *software*, muncul fenomena baru di mana mahasiswa terkadang terlalu mengandalkan hasil visual tanpa melakukan verifikasi analitis (Utami, 2022). Dalam proses pembelajaran analisis kompleks berbantuan *software* matematis, masih ditemukan beberapa kesalahan yang dilakukan oleh mahasiswa. Kesalahan tersebut umumnya berkaitan dengan pemahaman konsep dasar serta interpretasi hasil visualisasi yang ditampilkan oleh *software*. Berdasarkan hasil angket, indikator kendala penggunaan berada pada kategori sedang, yang menunjukkan bahwa mahasiswa masih menghadapi beberapa kesulitan dalam memanfaatkan *software* secara optimal.

Kesalahan mahasiswa juga dapat disebabkan oleh kecenderungan untuk terlalu bergantung pada hasil visual tanpa melakukan verifikasi analitis secara mendalam. Hal ini sejalan dengan pandangan Konold & Lehrer (2008) yang menegaskan bahwa penggunaan teknologi dalam pembelajaran matematika harus diimbangi dengan penguatan makna simbolik dan analitis agar tidak menimbulkan miskonsepsi. Hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa perangkat lunak matematis bertindak sebagai "cermin kognitif." Ketika mahasiswa melakukan kesalahan input atau logika dalam sebuah perangkat lunak, visualisasi yang dihasilkan akan terlihat "berantakan" atau tidak logis, yang kemudian memicu mahasiswa untuk melakukan refleksi dan perbaikan mandiri (*self-correction*) (Dimitrijević et al., 2024). Ini adalah mekanisme umpan balik instan yang tidak dimiliki oleh metode konvensional, di mana kesalahan mungkin baru disadari setelah dosen memberikan nilai (Lin et al., 2025).

#### **5. Faktor Pendukung dan Penghambat dalam Penerapan Software Matematis**

Keberhasilan integrasi teknologi dalam analisis kompleks dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor internal dan eksternal. Faktor pendukung utama adalah sifat *open-source* dari banyak perangkat lunak modern seperti *GeoGebra*, *Python*, dan lain-lain, yang memungkinkan aksesibilitas luas tanpa kendala biaya bagi mahasiswa dan institusi (Ziatdinov & Valles, 2022). Selain itu, kemampuan *software* untuk berjalan di perangkat *mobile* memudahkan mahasiswa untuk belajar secara fleksibel di luar jam perkuliahan (Dimitrijević et al., 2024).

Berdasarkan hasil angket persepsi mahasiswa, diperoleh gambaran mengenai faktor pendukung dan penghambat dalam penerapan *software* matematis pada pembelajaran analisis kompleks. Indikator manfaat pembelajaran memperoleh nilai rata-rata tertinggi dan berada pada kategori tinggi, yang menunjukkan bahwa *software* matematis memberikan dukungan signifikan terhadap pemahaman konsep dan visualisasi materi. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan

bahwa teknologi digital dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran matematika apabila digunakan secara tepat (Pierce & Stacey, 2010).

Sementara itu, indikator akses *software* dan kendala penggunaan berada pada kategori sedang. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun *software* relatif mudah diakses, masih terdapat hambatan seperti keterbatasan fasilitas, adaptasi penggunaan, serta kebutuhan akan pendampingan teknis. Kondisi ini menunjukkan bahwa keberhasilan penerapan *software* matematis tidak hanya bergantung pada ketersediaan teknologi, tetapi juga pada kesiapan pengguna dan dukungan pembelajaran yang memadai (Ziatdinov & Valles, 2022). Oleh karena itu, penting untuk mengintegrasikan pelatihan keterampilan berpikir komputasi (*computational thinking*) agar mahasiswa tidak sekadar menjadi operator *software*, tetapi juga pemecah masalah yang logis (Nasifatul Ulya et al., 2024).

#### **6. Peran Dosen sebagai Fasilitator TPACK**

Integrasi perangkat lunak matematis menuntut pergeseran peran dosen dari sumber utama pengetahuan menjadi fasilitator dalam lingkungan belajar yang kaya teknologi. Kerangka kerja *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) menjadi relevan di sini, di mana dosen harus mampu mensinergikan pengetahuan konten (analisis kompleks), pedagogi (metode pengajaran), dan teknologi (*software* matematis) (Ziatdinov & Valles, 2022). Dosen perlu merancang aktivitas yang menyeimbangkan antara eksplorasi bebas dan penguatan konsep formal (Needham, 2023).

Peran dosen sebagai fasilitator menjadi aspek penting dalam pembelajaran analisis kompleks berbantuan *software* matematis. Berdasarkan kendala yang teridentifikasi melalui hasil angket, diperlukan pendampingan dosen dalam mengarahkan mahasiswa menggunakan *software* secara efektif dan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Dosen berperan dalam menjembatani penggunaan teknologi dengan pemahaman konsep matematis yang mendalam (Goos et al., 2003).

Masa depan pembelajaran analisis kompleks akan sangat dipengaruhi oleh perkembangan teknologi seperti *Augmented Reality* (AR) dan kecerdasan buatan (AI). Penggunaan *GeoGebra 3D Calculator* dengan fitur AR, misalnya, telah mulai menunjukkan efektivitas dalam membantu mahasiswa memvisualisasikan grafik multivariabel dan permukaan kompleks dalam ruang fisik mereka (Cheong et al., 2024). Teknologi ini diharapkan dapat menghilangkan hambatan spasial yang sering dialami mahasiswa saat berhadapan dengan fungsi-fungsi yang membutuhkan representasi dimensi tinggi (Breda & Santos, 2016).

Oleh karena itu, dosen juga berperan dalam memberikan arahan, umpan balik, dan penguatan konsep agar mahasiswa tidak hanya berfokus pada hasil visual, tetapi juga memahami proses analitis yang mendasarinya. Dengan demikian, peran dosen sebagai fasilitator sangat menentukan keberhasilan integrasi *software* matematis dalam pembelajaran analisis kompleks.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan perangkat lunak matematis dalam pembelajaran analisis kompleks memberikan kontribusi positif terhadap pemahaman konsep mahasiswa Pendidikan Matematika. Penggunaan *software* seperti *GeoGebra* dan *MATLAB* mampu membantu mahasiswa dalam memvisualisasikan konsep-konsep analisis kompleks yang bersifat abstrak, khususnya pada materi pemetaan fungsi kompleks dan transformasi konformal, sehingga memudahkan mahasiswa dalam mengaitkan representasi simbolik dengan representasi visual. Hasil analisis persepsi mahasiswa menunjukkan bahwa manfaat pembelajaran berbasis *software* matematis berada pada kategori tinggi, yang mengindikasikan bahwa mahasiswa merasakan peningkatan pemahaman konsep, ketertarikan belajar, serta kemudahan dalam mengeksplorasi materi. Namun demikian, aspek akses *software* dan kendala penggunaan masih berada pada kategori sedang, yang menandakan adanya keterbatasan teknis, adaptasi penggunaan, serta potensi ketergantungan mahasiswa terhadap visualisasi tanpa disertai verifikasi analitis yang memadai. Selain itu, penelitian ini menemukan bahwa meskipun *software* matematis dapat berfungsi sebagai media umpan balik instan yang membantu mahasiswa melakukan refleksi dan perbaikan kesalahan, peran dosen tetap sangat penting sebagai fasilitator pembelajaran. Dosen perlu mengintegrasikan aspek teknologi, pedagogi, dan konten materi secara seimbang agar pemanfaatan *software* matematis tidak menggantikan, melainkan melengkapi proses penalaran matematis formal.

Oleh karena itu, pemanfaatan *software* matematis dalam pembelajaran analisis kompleks perlu dirancang secara terintegrasi dengan perencanaan pembelajaran yang matang, pendampingan dosen yang berkelanjutan, serta penguatan kemampuan analitis mahasiswa. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji secara kuantitatif pengaruh penggunaan *software* matematis terhadap hasil belajar serta mengembangkan model pembelajaran analisis kompleks berbasis teknologi yang lebih sistematis dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ablowitz, M. J., & Fokas, A. S. (2021). Introduction to Complex Variables and Applications. In *Introduction to Complex Variables and Applications*. <https://doi.org/10.1017/9781108961806>
- Anam, K., Hidayati, W. S., & Rozak, A. (2022). Analisis Kesalahan Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Soal Nilai Mutlak Bilangan Kompleks. *Fourth Conference on Research and Community Services STKIP PGRI Jombang Transformasi Pendidikan Berbasis Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Di Era Merdeka Belajar, September*.
- Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. In *Educational Studies in Mathematics* (Vol. 52, Issue 3). <https://doi.org/10.1023/A:1024312321077>
- Breda, A. M. d'Azevedo, & Santos, J. M. D. S. Dos. (2016). Complex Functions With Geogebra. *Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA*, 2(32), 102–110.
- Cheong, K. H., Chu, C. E., Ng, W. K., & Yeo, D. J. (2024). Implementing GeoGebra 3D Calculator With Augmented Reality in Multivariable Calculus Education. *IEEE Access*, 12, 85455–85464. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3394531>
- Creswell, John W. (2017). Research Design: Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan Mixed. *Pustaka Pelajar*.

- Dimitrijević, N., Zdravković, N., & Ponnusamy, V. (2024). Learning Data Visualization in Python Utilizing an Autograding and Feedback System. *CEUR Workshop Proceedings*, 3938.
- Drijvers, P., Ball, L., Barzel, B., Heid, M. K., Cao, Y., & Maschietto, M. (2016). *Uses of Technology in Lower Secondary Mathematics Education*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33666-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33666-4_1)
- Goos, M., Galbraith, P., Renshaw, P., & Geiger, V. (2003). Perspective on technology mediated learning in secondary school mathematics classrooms. *Journal of Mathematical Behavior*, 22(1). [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(03\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(03)00005-1)
- Hohenwarter, M., & Hohenwarter, J. (2008). Teaching and Learning Calculus with Free Dynamic Mathematics Software GeoGebra Calculus with GeoGebra. *Proceedings of the International Conference on the Teaching of Mathematics - TSG 16, September 2016*.
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3). <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Konold, C., & Lehrer, R. (2008). Technology and Mathematics Education: An Essay in Honor of Jim Kaput. In L. D. English (Ed.), *Handbook of International Research in Mathematics Education (2nd Edition)*. New York: Routledge, 1976.
- Lin, P. W., Yu, S. H., & Lai, C. H. (2025). Dynamic Program Analysis and Visualized Learning System in University Programming Courses †. *Engineering Proceedings*, 98(1). <https://doi.org/10.3390/engproc2025098030>
- L.J Moleong. (2022). Metodologi Penelitian Kualitatif. In Metodologi Penelitian Kualitatif. *Rake Sarasin, Maret*.
- Menggo, S., Jama, K. B., Adnyani, N. L. P. S., & Krismayani, N. W. (2025). Indonesian English as A Foreign Language Learners' interpersonal Communication: Profiles And Challenges. *LLT Journal: A Journal on Language and Language Teaching*, 28(1), 242-256.
- Miles, M. B., A. Michael Huberman, & Johnny Saldaña. (2023). Qualitative Data Analysis A Methods Sourcebook. *Experiencing Citizenship: Concepts and Models for Service-Learning in Political Science*.
- Nasifatul Ulya, Aryani Indri Arsani, Nur Salsabila, & Umi Mahmudah. (2024). Analisis Kesulitan Belajar Dalam Mata Kuliah Analisis Kompleks Ditinjau Dari Kemandirian Belajar Mahasiswa. *Katalis Pendidikan: Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Matematika*, 1(2). <https://doi.org/10.62383/katalis.v1i2.312>
- Needham, T. (2023). Visual Complex Analysis: 25th Anniversary Edition. In *Visual Complex Analysis: 25th Anniversary Edition*. <https://doi.org/10.1093/oso/9780192868916.001.0001>
- Pierce, R., & Stacey, K. (2010). Mapping pedagogical opportunities provided by mathematics analysis software. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(1). <https://doi.org/10.1007/s10758-010-9158-6>
- Ristama, Y. D. (2025). Geogebra sebagai solusi interaktif untuk pembelajaran matematika yang lebih menarik dan efektif. *Maliki Interdisciplinary Journal (MIJ) EISSN*, 3(1), 267–274. <http://urj.uin-malang.ac.id/index.php/mij/index>
- Scott, D. B., Churchill, R. V., & Brown, J. W. (1985). Complex Variables and Applications. *The Mathematical Gazette*, 69(449). <https://doi.org/10.2307/3617559>
- Sugiyono. (2020). Metodologi Penelitian Kualitatif. In Metodologi Penelitian Kualitatif. In *Rake Sarasin* (Issue March).
- Susilo, B. E., Darhim, D., & Prabawanto, S. (2021). Students' learning difficulties in integral calculus based on critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/4/042058>
- Tall, D. (2013). How Humans Learn to Think Mathematically. In *How Humans Learn to Think Mathematically*. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139565202>
- Tall, D., & Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educational Studies in Mathematics*, 12(2). <https://doi.org/10.1007/BF00305619>
- Utami, N. S. (2022). Analisis Kesalahan Mahasiswa Pada Bentuk Kutub Bilangan Kompleks Ditinjau Dari Kemandirian Belajar. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, 1(4). <https://doi.org/10.33578/kpd.v1i4.99>

- Weigand, H. G., Trgalova, J., & Tabach, M. (2024). Mathematics teaching, learning, and assessment in the digital age. *ZDM - Mathematics Education*, 56(4). <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01612-9>
- Zengin, Y. (2017). The effects of GeoGebra software on pre-service mathematics teachers' attitudes and views toward proof and proving. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(7). <https://doi.org/10.1080/0020739X.2017.1298855>
- Ziatdinov, R., & Valles, J. R. (2022). Synthesis of Modeling, Visualization, and Programming in GeoGebra as an Effective Approach for Teaching and Learning STEM Topics. In *Mathematics* (Vol. 10, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/math10030398>