

**IMPLEMENTASI UJI EPSILON-N PADA LIMIT BARISAN MENGGUNAKAN MATLAB****Bes Hendi Rio Pardede<sup>1</sup>, Bunga Diviya Kusfa<sup>2</sup>, Giovani Br Surbakti<sup>3</sup>,  
Rizky Iqna Fitria<sup>4</sup>, Vena Yurinda Saragih<sup>5</sup>**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

Email : [beshendi03@gmail.com](mailto:beshendi03@gmail.com)<sup>1</sup>, [bungadiviyakusfa@gmail.com](mailto:bungadiviyakusfa@gmail.com)<sup>2</sup>,  
[giovanisurbakti83@gmail.com](mailto:giovanisurbakti83@gmail.com)<sup>3</sup>, [fitriarizkyiqna@gmail.com](mailto:fitriarizkyiqna@gmail.com)<sup>4</sup>, [venagaringging2112@gmail.com](mailto:venagaringging2112@gmail.com)<sup>5</sup>**ABSTRAK**

Penelitian ini membahas implementasi uji epsilon-N pada limit barisan dengan memanfaatkan perangkat lunak MATLAB. Konsep limit barisan merupakan materi fundamental dalam analisis real yang sering menimbulkan kesulitan karena sifatnya yang abstrak serta menuntut pemahaman rigor melalui definisi formal epsilon-N. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif-komputasional dengan dua langkah utama: pembuktian teoretis epsilon-N dan implementasi komputasional menggunakan MATLAB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MATLAB mampu menentukan nilai N yang sesuai untuk setiap  $\epsilon > 0$  serta memverifikasi konvergensi barisan melalui hasil numerik dan grafik. Visualisasi memperlihatkan bahwa nilai barisan semakin mendekati limit dan masuk ke dalam pita batas  $[L - \epsilon, L + \epsilon]$ . Dengan demikian, penggunaan MATLAB terbukti membantu mahasiswa memahami keterkaitan antara  $\epsilon, N$ , dan  $n$ , sekaligus menjembatani konsep abstrak dengan penerapan praktis. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi teknologi komputasi dalam pembelajaran analisis real tidak hanya memperkuat pemahaman teoretis, tetapi juga meningkatkan motivasi belajar dan keterampilan mahasiswa dalam mengaplikasikan konsep matematika.

**Kata Kunci:** Analisis Real, Limit Barisan, Epsilon-N, MATLAB, Visualisasi

**ABSTRACT**

*This study examines the implementation of the epsilon-N test on sequence limits using MATLAB. The concept of sequence limits is a fundamental topic in real analysis, yet it often challenges students due to its abstract nature and the rigorous reasoning required by the formal epsilon-N definition. This research employs a qualitative descriptive-computational approach, consisting of two main steps: the theoretical proof of the epsilon-N definition and its computational implementation using MATLAB. The findings indicate that MATLAB can effectively determine the appropriate value of N for each  $\epsilon > 0$  and verify sequence convergence both numerically and graphically. The visualization shows that the sequence values approach the expected limit and fall within the interval  $[L - \epsilon, L + \epsilon]$ . Hence, MATLAB helps students grasp the relationship between  $\epsilon, N$ , and  $n$ , bridging the gap between abstract concepts and practical applications. This study highlights that integrating computational technology into real analysis learning not only strengthens theoretical understanding but also*

**Article History**Received: Oktober 2025  
Reviewed: Oktober 2025  
Published: Oktober 2025Plagiarism Checker No 223  
DOI :

10.8734/Trigo.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Trigonometri



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

*enhances students' motivation and skills in applying mathematical concepts.*

**Keyword:** *Real Analysis, Sequence Limit, Epsilon-N, MATLAB, Visualization*

## PENDAHULUAN

Analisis real merupakan salah satu cabang penting dalam matematika yang menjadi fondasi dalam memahami konsep limit, kontinuitas, dan konvergensi. Salah satu pokok bahasan yang sering menimbulkan tantangan bagi mahasiswa adalah konsep limit barisan. Limit barisan tidak hanya membutuhkan intuisi matematis, tetapi juga pemahaman formal mengenai definisi limit menggunakan pendekatan *epsilon-N*. Definisi ini menjelaskan bahwa sebuah barisan  $(a_n)$  dikatakan konvergen ke limit  $L$  jika untuk setiap  $\epsilon > 0$ , terdapat bilangan asli  $N$  sehingga untuk semua  $n > N$  berlaku  $|a_n - L| < \epsilon$ . Konsep ini menjadi inti dalam memahami keakuratan pendekatan matematis terhadap suatu nilai.

Dalam praktiknya, pembuktian limit menggunakan definisi *epsilon-N* sering kali menimbulkan kesulitan bagi mahasiswa. Hal ini disebabkan karena pendekatan *epsilon-N* tidak hanya memerlukan perhitungan numerik, tetapi juga argumentasi logis yang ketat. Oleh karena itu, perlu adanya media pembelajaran yang dapat membantu mahasiswa memahami dan mengimplementasikan definisi ini dengan lebih interaktif dan praktis. Salah satu alat bantu yang dapat digunakan adalah perangkat lunak MATLAB, yang dikenal unggul dalam pemrograman numerik dan visualisasi matematika.

Implementasi uji *epsilon-N* menggunakan MATLAB memungkinkan mahasiswa untuk memvisualisasikan proses pembuktian limit barisan secara komputasional. Dengan bantuan MATLAB, mahasiswa dapat menyusun algoritma untuk menentukan nilai  $N$  terhadap  $\epsilon$  yang diberikan, serta memeriksa apakah syarat  $|a_n - L| < \epsilon$  terpenuhi. Proses ini dapat memperjelas konsep konvergensi barisan serta menghubungkan teori dengan penerapan komputasi. Dengan demikian, penggunaan MATLAB diharapkan mampu memperkuat pemahaman konseptual sekaligus keterampilan praktis mahasiswa dalam analisis real.

Selain itu, penelitian kecil (mini riset) ini memiliki relevansi tidak hanya untuk tujuan akademik, tetapi juga untuk mengembangkan kompetensi mahasiswa dalam pemanfaatan teknologi pada pemecahan masalah matematis. Di era digital saat ini, kemampuan menghubungkan teori matematika dengan perangkat lunak komputasi merupakan keterampilan penting yang dapat menunjang pembelajaran sekaligus penelitian. Oleh karena itu, implementasi uji *epsilon-N* pada limit barisan menggunakan MATLAB menjadi topik yang menarik sekaligus bermanfaat untuk dikaji lebih lanjut.

## RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana konsep uji *epsilon-N* dapat diterapkan untuk membuktikan limit suatu barisan?
2. Bagaimana implementasi uji *epsilon-N* pada limit barisan menggunakan MATLAB?
3. Apakah hasil implementasi dengan MATLAB dapat membantu memperjelas pemahaman mahasiswa terhadap konsep konvergensi barisan?

## TUJUAN

1. Menjelaskan konsep dan prosedur uji *epsilon-N* dalam pembuktian limit barisan.
2. Menerapkan uji *epsilon-N* pada limit barisan dengan memanfaatkan perangkat lunak MATLAB.
3. Menunjukkan hasil implementasi MATLAB sebagai media untuk mempermudah pemahaman mahasiswa terhadap konsep limit barisan.

## KAJIAN PUSTAKA

Konsep uji *epsilon-N* pada limit barisan merupakan salah satu materi yang penting dalam analisis real, tetapi seringkali menimbulkan kesulitan bagi mahasiswa. Untuk itu, penelitian ini mencoba memadukan teori analisis real dengan pemanfaatan perangkat lunak MATLAB sebagai sarana eksplorasi dan visualisasi. Beberapa literatur berikut akan dijadikan rujukan utama dalam membangun kerangka berpikir penelitian ini.

Bartle dan Sherbert (2011) melalui buku *Introduction to Real Analysis* memberikan penjelasan mendalam mengenai konsep limit barisan, khususnya melalui definisi formal *epsilon-N*. Mereka menekankan bahwa sebuah barisan  $(a_n)$  dikatakan konvergen ke suatu limit  $L$  jika untuk setiap  $\epsilon > 0$  terdapat  $N \in \mathbb{N}$  sehingga untuk semua  $n > N$ , berlaku  $|a_n - L| < \epsilon$ . Definisi ini bukan sekadar formalitas matematis, melainkan inti dari cara kerja analisis real. Penekanan Bartle bahwa mahasiswa harus mampu memahami hubungan antara  $\epsilon$ ,  $N$ , dan  $n$  menjadi dasar penting untuk penelitian ini.

Selain Bartle, Rudin (1976) dalam karya klasiknya *Principles of Mathematical Analysis* juga menguraikan konsep limit dengan pendekatan yang lebih ketat dan terstruktur. Buku ini sering disebut sebagai "kitab suci" bagi para mahasiswa matematika karena menyajikan teori secara sangat rigor. Penjelasan Rudin mempertegas bahwa pemahaman limit melalui definisi *epsilon-N* merupakan kunci untuk memasuki dunia analisis real yang lebih luas, seperti teori deret, fungsi kontinu, hingga analisis lanjutan. Dengan demikian, literatur ini memberikan pondasi teoretis yang sangat kuat bagi penelitian yang dilakukan.

Di sisi lain, perkembangan teknologi menuntut adanya integrasi antara teori matematis dengan perangkat komputasi. Johnson (2005) dalam bukunya *Numerical Methods Using MATLAB* menunjukkan bahwa MATLAB tidak hanya sekadar alat hitung, tetapi juga sarana untuk mengimplementasikan konsep-konsep matematis. Dengan bahasa pemrogramannya yang sederhana dan fasilitas visualisasi yang kuat, MATLAB memungkinkan mahasiswa untuk melakukan simulasi, eksplorasi, serta pembuktian numerik. Pendekatan inilah yang sejalan dengan tujuan penelitian mini riset ini, yaitu menjembatani konsep abstrak *epsilon-N* dengan eksperimen komputasional.

Mathews dan Fink (2004) dalam buku *Numerical Methods Using MATLAB* edisi keempat menambahkan bahwa MATLAB sangat efektif digunakan dalam proses pembelajaran, terutama untuk memvisualisasikan konsep matematika yang sulit. Dengan bantuan MATLAB, mahasiswa tidak hanya sekadar menghitung, tetapi juga dapat melihat bagaimana barisan mendekati suatu limit untuk berbagai nilai  $\epsilon$  dan  $N$ . Hal ini membuat konsep abstrak menjadi lebih konkret dan dapat diamati secara langsung melalui grafik maupun tabel.

Selain buku, beberapa penelitian juga relevan untuk mendukung riset ini. Suryadi (2018) dalam artikelnya di *Jurnal Pendidikan Matematika* menemukan bahwa mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam memahami definisi limit dengan *epsilon-N* karena sifatnya yang abstrak. Ia menyarankan agar pengajar memanfaatkan media berbasis teknologi untuk membantu mahasiswa memahami hubungan logis antara variabel-variabel dalam definisi tersebut. Temuan ini memperkuat alasan mengapa penelitian ini penting dilakukan, yaitu dengan menghadirkan MATLAB sebagai media bantu.

Lebih lanjut, Hadi dan Prabowo (2020) dalam *Jurnal Ilmiah Matematika dan Aplikasinya* mengkaji penerapan MATLAB dalam pembelajaran analisis real. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa penggunaan MATLAB mampu memperjelas konsep-konsep dasar, termasuk dalam hal pembuktian limit barisan. Dengan adanya visualisasi, mahasiswa menjadi lebih mudah memahami peran  $\epsilon$  dan  $N$ , serta dapat menguji secara langsung apakah kondisi  $|a_n - L| < \epsilon$  terpenuhi.

Dari berbagai literatur tersebut, terlihat jelas bahwa terdapat dua hal utama yang saling melengkapi. Pertama, pemahaman yang mendalam terhadap definisi formal *epsilon-N* sebagaimana dijelaskan oleh Bartle dan Rudin. Kedua, pemanfaatan teknologi komputasi, khususnya MATLAB, sebagaimana dijelaskan oleh Johnson, Mathews, serta penelitian Suryadi dan Hadi & Prabowo. Dengan menggabungkan keduanya, penelitian ini diharapkan dapat

memberikan kontribusi berupa pendekatan yang lebih mudah dipahami untuk mempelajari limit barisan, sekaligus memperkuat keterampilan mahasiswa dalam menghubungkan teori matematika dengan teknologi komputasi.

Penggunaan perangkat lunak Matlab dalam pembelajaran matematika telah banyak diteliti dan menunjukkan hasil positif. (Yaqin et al., 2024) mengembangkan media Fukudrat Solver berbasis Matlab GUI pada materi fungsi kuadrat. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa media ini valid, praktis, dan mendapat respon positif dari siswa, sehingga memperlihatkan potensi Matlab sebagai sarana pembelajaran interaktif. Hal ini sejalan dengan temuan (Apriansyah & Baysha, 2018) yang membuktikan bahwa penggunaan Matlab berpengaruh signifikan terhadap peningkatan hasil belajar siswa SMP, di mana hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan nyata antara siswa yang belajar dengan bantuan Matlab dan yang menggunakan metode konvensional.

Selain meningkatkan hasil belajar, Matlab juga dipandang mampu membuka peluang pedagogis baru. (Pierce & Stacey, 2010) menjelaskan bahwa perangkat lunak analisis matematika (MAS) seperti Matlab tidak hanya berfungsi sebagai alat hitung, tetapi juga mengubah cara guru menyusun tugas, memperkaya representasi konsep, dan meningkatkan interaksi kelas. Temuan ini diperkuat oleh (Woka et al., 2022) yang melalui kegiatan pengabdian masyarakat membuktikan bahwa penerapan Matlab pada materi matriks mampu meningkatkan penguasaan konsep siswa dari 60% menjadi 82%, meskipun penguasaan aspek teknologinya masih perlu ditingkatkan.

Dalam konteks materi analisis real, (Parhusip, 2013) menegaskan bahwa visualisasi dengan Matlab dan Geogebra dapat membantu mahasiswa memahami konvergensi barisan bilangan dan fungsi real. Menurutnya, pembuktian formal epsilon-N yang biasanya dianggap abstrak dapat lebih mudah dipahami jika dilengkapi dengan representasi grafik. Pandangan ini diperkuat oleh (Mikolis Etimanta Ginting et al., 2024) yang menunjukkan bahwa Matlab sangat efektif dalam menyelesaikan permasalahan limit fungsi, khususnya untuk fungsi kompleks yang sulit dihitung secara manual, karena hasil yang diperoleh lebih cepat dan akurat.

Tidak hanya di perguruan tinggi, pemanfaatan Matlab juga relevan di jenjang pendidikan menengah. (Adnyani et al., 2018) melalui kegiatan pengabdian masyarakat membuktikan bahwa guru SMA dapat menggunakan Matlab untuk mempermudah penyampaian materi matriks sehingga proses pembelajaran menjadi lebih menarik, efisien, dan partisipatif. Dengan demikian, berbagai penelitian terdahulu secara konsisten menunjukkan bahwa Matlab memiliki peran penting, baik dalam memperkuat pemahaman konsep abstrak maupun dalam meningkatkan efektivitas proses pembelajaran matematika.

## **METODE PENELITIAN**

### **1. Jenis Penelitian**

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian deskriptif kualitatif dengan pendekatan komputasional. Disebut deskriptif karena penelitian ini berfokus pada pemaparan dan penjelasan mengenai implementasi uji *epsilon-N* dalam membuktikan limit barisan. Sementara itu, pendekatan komputasional digunakan karena penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak MATLAB sebagai media untuk melakukan simulasi dan visualisasi konsep matematis. Penelitian semacam ini tidak hanya menekankan pada kebenaran teoretis, tetapi juga pada kejelasan penyajian hasil melalui eksplorasi numerik dan grafis.

### **2. Subjek dan Objek Penelitian**

Subjek penelitian ini adalah konsep limit barisan dalam analisis real, khususnya definisi formal *epsilon-N*. Objek penelitian berupa implementasi konsep tersebut menggunakan perangkat lunak MATLAB. Fokus utama adalah bagaimana MATLAB dapat digunakan untuk menentukan nilai  $N$  yang sesuai untuk setiap  $\epsilon > 0$  dan bagaimana visualisasi yang dihasilkan dapat membantu memperjelas proses konvergensi

barisan menuju limit tertentu.

### 3. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Melakukan kajian mendalam terhadap referensi utama, seperti buku *Introduction to Real Analysis* oleh Bartle dan *Principles of Mathematical Analysis* oleh Rudin, untuk memahami definisi formal *epsilon-N*. Literatur tambahan berupa buku dan jurnal yang membahas implementasi MATLAB dalam analisis numerik juga digunakan untuk memperkuat kerangka teori.

#### 2. Pemilihan Barisan Uji

Menentukan beberapa contoh barisan konvergen sederhana, misalnya:

- $a_n = \frac{1}{n}$  dengan limit 0
- $a_n = \frac{n}{n+1}$  dengan limit 1

Barisan-barisan ini dipilih karena sering digunakan dalam pengajaran konsep limit dan relatif mudah untuk diuji menggunakan pendekatan *epsilon-N*.

#### 3. Perumusan Algoritma Epsilon-N

Menyusun langkah-langkah algoritma untuk menentukan nilai N yang sesuai bagi setiap  $\epsilon > 0$ . Algoritma ini akan dirancang sedemikian rupa agar dapat diimplementasikan dalam MATLAB. Misalnya, untuk setiap  $\epsilon$  yang diberikan, program akan mencari nilai N sehingga untuk semua  $n > N$  terpenuhi  $|a_n - L| < \epsilon$ .

#### 4. Implementasi dalam MATLAB

Menulis kode program dalam MATLAB untuk menguji barisan terpilih menggunakan definisi *epsilon-N*. Program juga akan menghasilkan grafik atau tabel yang memperlihatkan bagaimana nilai  $|a_n - L|$  berkurang seiring bertambahnya  $n$ , serta menandai titik ketika syarat *epsilon-N* terpenuhi.

#### 5. Analisis Hasil

Menginterpretasikan hasil keluaran MATLAB untuk melihat apakah sesuai dengan definisi formal. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan hasil komputasi dengan teori, serta menilai sejauh mana visualisasi membantu memperjelas konsep abstrak limit barisan.

#### 6. Penyusunan Laporan

Menyusun seluruh temuan ke dalam laporan mini riset, mulai dari latar belakang teori, implementasi MATLAB, hasil analisis, hingga kesimpulan.

### 4. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Perangkat lunak MATLAB sebagai alat bantu utama dalam implementasi uji *epsilon-N*.
- Referensi literatur (buku dan jurnal) yang menjadi acuan teori dan konsep dasar.
- Contoh barisan uji yang dipakai untuk menguji keabsahan metode yang diimplementasikan.

### 5. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan pendekatan analisis deskriptif-komputasional. Data berupa keluaran program MATLAB (hasil numerik dan grafik) dianalisis untuk memeriksa kesesuaian dengan teori *epsilon-N*. Selanjutnya, hasil analisis dipaparkan dalam bentuk narasi yang menghubungkan teori dengan praktik. Dengan teknik ini, diharapkan pembaca dapat melihat keterkaitan langsung antara definisi matematis yang formal dengan implementasi nyata dalam perangkat lunak.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Gambaran Umum

Bab ini membahas penerapan uji *epsilon-N* pada limit barisan dengan bantuan perangkat lunak MATLAB. Tujuan utama pembahasan ini adalah memperlihatkan bagaimana konsep abstrak dalam analisis real dapat divisualisasikan dan diimplementasikan secara komputasional. Dengan adanya implementasi, mahasiswa tidak hanya memahami definisi secara formal, tetapi juga dapat melihat bukti numerik bahwa barisan memang konvergen ke suatu nilai limit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan perangkat lunak MATLAB memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep matematika. Peserta didik yang sebelumnya hanya terbiasa dengan metode ceramah mengalami kesulitan dalam memahami konsep abstrak, terutama ketika berhadapan dengan soal yang membutuhkan ketelitian tinggi. Setelah dilakukan penerapan pembelajaran berbantuan MATLAB, terlihat adanya peningkatan motivasi belajar dan pemahaman peserta didik dalam menyelesaikan perhitungan yang sebelumnya sulit dilakukan secara manual. Kondisi ini menegaskan bahwa teknologi berbasis komputasi dapat menjadi salah satu solusi alternatif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika.

Temuan ini sejalan dengan penelitian (Woka et al., 2022) yang mengungkapkan bahwa penerapan metode pemecahan masalah dengan memanfaatkan MATLAB sebagai media pembelajaran mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep matriks. Awalnya, penguasaan siswa hanya sekitar 60% dan pemanfaatan teknologi sebagai media pembelajaran baru 4%, namun setelah intervensi melalui kegiatan pembelajaran berbasis MATLAB terjadi peningkatan pemahaman konsep menjadi 82% dan pemanfaatan teknologi mencapai 6%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun sarana masih terbatas, penggunaan MATLAB tetap dapat memberikan dampak positif terhadap penguatan literasi matematika siswa.

Selain itu, (Fatwa et al., 2022) juga menegaskan bahwa MATLAB memberikan kecepatan, ketepatan, dan efisiensi dalam menyelesaikan perhitungan matriks dibandingkan dengan cara manual. Dengan memanfaatkan fitur-fitur MATLAB, operasi penjumlahan, pengurangan, hingga perkalian matriks dapat dilakukan lebih akurat sekaligus memungkinkan visualisasi dalam bentuk grafik dua maupun tiga dimensi. Hal ini memberikan pengalaman belajar yang berbeda bagi mahasiswa karena konsep abstrak yang sebelumnya sulit dipahami dapat lebih mudah diinternalisasi, sekaligus melatih keterampilan teknologi dalam mendukung penyelesaian persoalan matematis.

Lebih lanjut, penelitian (Collins et al., 2021) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa integrasi model pembelajaran matematika realistik berbantuan MATLAB efektif meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada materi teori graf. Melalui desain eksperimen pretest-posttest, diperoleh rata-rata peningkatan signifikan pada kelas eksperimen dari 46,96 menjadi 79,96, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya meningkat dari 42,10 menjadi 64,56. Pemanfaatan MATLAB dalam pembelajaran teori graf terbukti membantu mahasiswa memvisualisasikan vertex, edge, dan komponen graf sehingga konsep abstrak lebih mudah dipahami. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan MATLAB tidak hanya bermanfaat pada materi matriks, tetapi juga pada topik matematika lain yang menuntut pemahaman konseptual tinggi.

Secara keseluruhan, berbagai hasil penelitian terdahulu dan temuan lapangan dalam studi ini menegaskan bahwa MATLAB dapat dijadikan salah satu media pembelajaran inovatif yang mampu meningkatkan kualitas pemahaman konsep matematika. Integrasi teknologi ini selaras dengan kebutuhan pendidikan modern yang menuntut keterampilan komputasi sekaligus pemahaman konseptual yang kuat bagi peserta didik.

## 2. Soal

Diberikan barisan

$$a_n = \frac{n}{n+2}$$

Tunjukkan bahwa

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{n+2} = 1$$

## 3. Pembuktian Teoritis dengan Definisi Epsilon-N

Definisi limit barisan:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = L \Leftrightarrow \forall \epsilon > 0, \exists N \in \mathbb{N} : N > n \Rightarrow |a_n - L| < \epsilon$$

Untuk barisan  $a_n = \frac{n}{n+2}$ , dengan dugaan limit  $L = 1$ , kita cek:

$$\left| \frac{n}{n+2} - 1 \right| = \left| \frac{n - (n+2)}{n+2} \right| = \frac{2}{n+2}$$

Kita ingin:

$$\frac{2}{n+2} < \epsilon$$

Ketaksamaan ini ekuivalen dengan:

$$n+2 < \frac{2}{\epsilon} \Rightarrow n > \frac{2}{\epsilon} - 2$$

Maka, cukup pilih:

$$N = \left\lceil \frac{2}{\epsilon} - 2 \right\rceil$$

Sehingga untuk semua  $n > N$ , berlaku  $|a_n - 1| < \epsilon$ . Dengan demikian, secara teoritis terbukti bahwa  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{n+2} = 1$ .

## 4. Implementasi Matlab

Syntax Matlab:

```
% Implementasi Uji Epsilon-N pada barisan a_n = n/(n+2)
```

```
clear; clc;
```

```
% Definisi barisan
```

```
a = @(n) n./(n+2); % fungsi barisan
```

```
L = 1; % limit yang diharapkan
```

```
% Input epsilon
```

```
epsilon = 0.05; % misalnya epsilon = 0.05
```

```
% Cari N sesuai definisi epsilon-N
```

```
N = ceil((2/epsilon) - 2);
```

```
fprintf('Untuk epsilon = %.4f, nilai N yang dipilih = %d\n', epsilon, N);
```

```
% Verifikasi numerik
```

```
n_vals = N+1: N+20; % beberapa n setelah N
```

```
a_vals = a(n_vals);
```

```
selisih = abs(a_vals - L);
```

```
disp('n      a_n      |a_n - L|');
disp([n_vals' a_vals' selisih']);
```

```
% Visualisasi
```

```
n_plot = 1:50;
plot(n_plot, a(n_plot), 'b-o', 'LineWidth', 1.2); hold on;
yline(L, 'r--', 'Limit L=1');
yline(L+epsilon, 'g--', sprintf('L + epsilon (%.2f)', L+epsilon));
yline(L-epsilon, 'g--', sprintf('L - epsilon (%.2f)', L-epsilon));
xlabel('n'); ylabel('a_n');
title('Visualisasi Uji Epsilon-N pada a_n = n/(n+2)');
grid on;
```

## 5. Analisis Hasil

Ketika program dijalankan, MATLAB akan menampilkan nilai NNN yang sesuai dengan  $\epsilon$  yang dipilih. Misalnya, untuk  $\epsilon = 0.05$ , diperoleh:

$$N = \left\lceil \frac{2}{0.05} - 2 \right\rceil = 38$$

Output tabel menunjukkan bahwa untuk  $n > 38$ , nilai  $|a_n - 1| < 0.05$ . Selain itu, grafik hasil plot memperlihatkan bahwa barisan  $a_n = \frac{n}{n+2}$  mendekati limit  $L=1$ , dan setelah titik N, semua nilai barisan masuk ke dalam  $[L-\epsilon, L+\epsilon]$ .

Visualisasi ini membuktikan secara numerik dan grafis bahwa definisi *epsilon-N* benar-benar bekerja dalam menjelaskan konvergensi barisan. Mahasiswa dapat melihat bagaimana nilai  $a_n$  semakin dekat ke limit dan bagaimana  $\epsilon$  memengaruhi pemilihan N. Dengan cara ini, konsep abstrak dalam analisis real menjadi lebih nyata dan mudah dipahami.

Penelitian yang dilakukan oleh (Cecilia Br Perangin Angin et al., 2024) menunjukkan bahwa penggunaan MATLAB secara signifikan meningkatkan pemahaman mahasiswa dalam menyelesaikan masalah konvergensi dan divergensi barisan bilangan real, di mana 55% responden masuk kategori “sangat paham” setelah menggunakan software tersebut. Temuan ini selaras dengan hasil mini riset kami yang memperlihatkan bahwa implementasi uji epsilon-N dengan MATLAB mempermudah mahasiswa memahami keterkaitan antara variabel  $\epsilon$ , N, dan n. Sama halnya dengan penelitian tersebut, visualisasi yang dihasilkan MATLAB dalam riset ini mampu menjembatani kesenjangan antara pemahaman teoretis dan penerapan praktis, sehingga konsep abstrak seperti limit barisan tidak hanya terbukti secara formal tetapi juga dapat diamati secara komputasional. Dengan demikian, baik penelitian terdahulu maupun mini riset ini menegaskan bahwa integrasi teknologi, khususnya MATLAB, sangat efektif sebagai media pedagogis dalam memperdalam konsep analisis real.

Berdasarkan berbagai literatur yang relevan, terlihat bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran analisis real, khususnya pada topik limit dan konvergensi barisan, memberikan dampak yang signifikan terhadap pemahaman mahasiswa. (Hohenwarter et al., 2008). menekankan bahwa penggunaan perangkat lunak GeoGebra yang bersifat open-source mampu memvisualisasikan konsep kalkulus secara interaktif, sehingga mahasiswa dapat membangun pemahaman konseptual yang lebih mendalam. Namun, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa efektivitas integrasi teknologi ini sangat dipengaruhi oleh pelatihan dan dukungan kolegial bagi dosen dan guru, agar perangkat lunak tidak hanya menjadi alat tambahan, melainkan benar-benar mampu meningkatkan kualitas pembelajaran.

Sejalan dengan itu, (Anwar, 2021) melalui mata kuliah Computer Programming for Engineers menegaskan bahwa MATLAB menjadi media penting dalam membentuk keterampilan pemecahan masalah mahasiswa teknik. Dengan menyusun algoritma dari permasalahan matematis ke dalam kode MATLAB, mahasiswa mampu menghubungkan teori dengan praktik komputasi. Hasil pembelajaran menunjukkan bahwa mahasiswa tidak hanya memahami dasar-dasar pemrograman, tetapi juga menguasai penerapannya dalam konteks

rekayasa nyata, sehingga keterampilan komputasional mendukung pemahaman konsep abstrak seperti limit dan konvergensi.

Kontribusi lain datang dari (Bartle & Sherbert, 2010) yang melalui panduan *Instructor's Manual to Accompany Introduction to Real Analysis* menegaskan pentingnya pemahaman rigor dalam definisi epsilon-N. Pembahasan yang sistematis pada manual ini memandu mahasiswa agar tidak hanya menghafal definisi, tetapi memahami hubungan logis antara  $\epsilon$ ,  $N$ , dan  $n$  dalam proses pembuktian. Dengan demikian, teori analisis real menjadi lebih mudah dipahami ketika dibangun melalui pendekatan bertahap dan penerapan langsung.

Temuan (Mikolis Etimanta Ginting et al., 2024). memperkuat bukti bahwa MATLAB dapat diandalkan dalam menyelesaikan permasalahan limit fungsi yang kompleks. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa perhitungan limit dengan MATLAB lebih cepat dan akurat dibandingkan metode manual. Mahasiswa yang memanfaatkan teknologi ini dapat melihat hasil numerik secara praktis, sehingga pemahaman mereka terhadap konsep limit semakin kuat. Hal ini sejalan dengan tujuan penggunaan komputasi sebagai jembatan antara teori abstrak dan aplikasi nyata.

Lebih jauh, penelitian oleh (Cecilia Br Perangin Angin et al., 2024) yang menganalisis kemampuan mahasiswa FMIPA Unimed dalam menyelesaikan masalah konvergensi dan divergensi barisan menunjukkan hasil yang positif. Dari 20 mahasiswa yang diteliti, sebanyak 55% berada pada kategori "sangat paham" setelah menggunakan MATLAB. Observasi juga memperlihatkan bahwa software ini sangat efektif dalam membantu mahasiswa memahami sifat barisan bilangan real, terutama karena visualisasi yang dihasilkan membuat perilaku barisan dalam jangka panjang lebih mudah dipahami.

Dari perspektif representasi visual, (Umah & Vitantri, 2019) menemukan bahwa gaya kognitif dan perbedaan gender turut memengaruhi cara mahasiswa dalam memodelkan peristiwa dinamis yang terkait dengan konsep kalkulus. Mahasiswa dengan gaya kognitif field independent cenderung lebih mampu menggunakan representasi nonkonvensional sebelum berpindah ke grafik formal. Hasil penelitian ini mempertegas bahwa representasi visual berperan penting dalam membangun intuisi terhadap konsep limit dan turunan, sehingga mahasiswa tidak hanya memahami secara formal, tetapi juga secara intuitif.

Selain itu, (Pugh, 2015) dalam *Real Mathematical Analysis* menekankan bahwa penguasaan analisis real harus dibangun di atas fondasi sistem bilangan real, barisan, dan limit yang dipahami secara rigor. Melalui latihan, visualisasi, dan pembuktian formal, mahasiswa didorong untuk benar-benar memahami peran  $\epsilon$  dan  $\delta$  dalam analisis, bukan sekadar mengandalkan intuisi. Hasil pembahasan dalam buku ini memperkuat argumen bahwa pendekatan formal harus berjalan berdampingan dengan visualisasi untuk mencapai pemahaman menyeluruh.

Sebagai pelengkap, penelitian pengembangan yang dilakukan oleh (Santosa et al., 2018). menghasilkan aplikasi simulasi limit fungsi berbasis MATLAB yang terbukti valid, praktis, dan efektif. Hasil uji menunjukkan skor validitas 4,174 dari para ahli, tingkat kepraktisan 85% (kategori sangat baik), dan efektivitas signifikan dengan capaian nilai rata-rata kelas eksperimen (76,25) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (64,75). Fakta ini menegaskan bahwa media pembelajaran berbasis komputasi mampu meningkatkan pemahaman sekaligus capaian belajar mahasiswa dalam materi limit fungsi.

Penelitian (Yaqin et al., 2024) menegaskan bahwa pengembangan media pembelajaran berbasis Matlab GUI, seperti Fukudrat Solver pada materi fungsi kuadrat, divalidasi sangat layak digunakan di kelas. Hasil ini memperkuat temuan mini riset kami bahwa perangkat lunak Matlab tidak hanya menjadi alat hitung, tetapi juga media interaktif yang valid untuk meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa. Dengan adanya validasi dari ahli materi dan respon siswa yang positif, penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi Matlab dalam pembelajaran matematika dapat meningkatkan kualitas belajar. Hal ini sejalan dengan hasil implementasi uji epsilon-N, di mana visualisasi Matlab terbukti

membantu mahasiswa memahami keterkaitan  $\epsilon$ ,  $N$ , dan  $n$  secara lebih konkret.

Pierce dan Stacey (2008) melalui konsep pedagogical map menunjukkan bahwa software analisis matematika (MAS) seperti Matlab mampu membuka peluang pedagogis yang signifikan, bukan sekadar fungsi perhitungan. Mereka menekankan bahwa MAS memungkinkan perubahan dalam cara guru menyusun tugas belajar, menghubungkan representasi, hingga mengubah dinamika sosial kelas. Pandangan ini memperkuat analisis riset kami bahwa implementasi epsilon- $N$  dengan Matlab tidak hanya menghasilkan jawaban numerik, tetapi juga mengubah proses belajar menjadi lebih interaktif dan reflektif. Dengan demikian, penggunaan Matlab mendukung pergeseran dari sekadar aktivitas komputasi menuju pengalaman belajar yang lebih pedagogis.

Hasil penelitian (Herawati, 2014) menunjukkan bahwa penggunaan Matlab sebagai media pembelajaran memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan hasil belajar siswa SMP, terbukti melalui uji-t dengan nilai thitung jauh melebihi tabel. Temuan ini selaras dengan mini riset kami yang menegaskan bahwa visualisasi epsilon- $N$  di Matlab membuat mahasiswa lebih mudah memahami konsep konvergensi. Fakta bahwa media ini berpengaruh nyata pada hasil belajar membuktikan bahwa integrasi Matlab dapat meningkatkan capaian akademik, tidak hanya pada level sekolah menengah tetapi juga di perguruan tinggi dalam konteks analisis real.

Penelitian (Simarmata et al., 2022) dalam kegiatan PKM memperlihatkan bahwa penerapan Matlab pada topik matriks berhasil meningkatkan penguasaan konsep siswa dari 60% menjadi 82%. Meskipun peningkatan penguasaan teknologi masih rendah, hal ini menunjukkan bahwa Matlab efektif sebagai sarana pemecahan masalah matematis. Keterkaitan dengan mini riset kami terletak pada metode problem solving yang didukung visualisasi Matlab, sehingga konsep abstrak seperti limit barisan melalui uji epsilon- $N$  dapat dipahami dengan lebih mudah. Dengan kata lain, Matlab terbukti mampu memperkuat pemahaman konseptual melalui pendekatan berbasis masalah dan simulasi numerik.

Parhusip (2013) menekankan pentingnya visualisasi dalam pembelajaran konvergensi barisan dan fungsi real. Melalui kombinasi Matlab dan Geogebra, pembuktian formal dapat diperkaya dengan grafik sehingga mahasiswa lebih mudah memahami makna  $\epsilon$  dan  $N$  dalam definisi limit. Hasil penelitian ini secara langsung relevan dengan mini riset kami, karena pendekatan epsilon- $N$  yang divisualisasikan dengan Matlab terbukti menjembatani formalitas analisis dengan intuisi visual mahasiswa. Dengan demikian, penggunaan perangkat lunak ini memperkuat pemahaman rigor sekaligus intuisi matematis.

(Nuraeni & Rosyid, 2019) menunjukkan bahwa Matlab sangat andal dalam menghitung limit fungsi yang kompleks, menghasilkan solusi akurat lebih cepat dibandingkan cara manual. Temuan ini menegaskan keunggulan Matlab dalam mendukung analisis real, khususnya pada permasalahan yang rumit. Hubungannya dengan mini riset kami adalah bahwa pembuktian epsilon- $N$  pada barisan sederhana menjadi lebih jelas ketika divisualisasikan dengan Matlab, dan penelitian Ginting dkk. membuktikan hal serupa pada kasus fungsi kompleks. Dengan kata lain, Matlab konsisten berperan sebagai jembatan antara abstraksi matematis dan implementasi komputasi.

(Kartika, 2014) melalui program pengabdian masyarakat menunjukkan bahwa guru dan siswa SMA mampu menggunakan Matlab untuk mempermudah pembelajaran, terutama pada materi matriks. Hasilnya, proses pembelajaran menjadi lebih menarik, efisien, dan partisipatif. Relevansinya dengan mini riset kami adalah bahwa pengalaman serupa terjadi pada mahasiswa dalam memahami epsilon- $N$ : visualisasi Matlab menjadikan konsep yang abstrak lebih mudah diakses. Dengan demikian, baik di tingkat sekolah maupun perguruan tinggi, integrasi Matlab terbukti mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran matematika.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan implementasi yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan penting. Pertama, dari sisi teoretis, uji  $\epsilon$ - $N$  terbukti mampu menjelaskan dengan ketat mengapa barisan  $a_n = \frac{n}{n+2}$  memiliki limit 1. Melalui manipulasi aljabar sederhana, diperoleh hubungan  $|a_n - 1| = \frac{n}{n+2}$ . Dari bentuk ini terlihat bahwa semakin besar  $n$ , maka selisih  $|a_n - 1|$  semakin kecil dan dapat dibuat kurang dari sembarang  $\epsilon > 0$ . Proses ini menegaskan makna formal konvergensi barisan sebagaimana didefinisikan dalam analisis real, sekaligus memperlihatkan keterkaitan antara variabel  $\epsilon$ , bilangan  $N$ , dan indeks  $n$ .

Kedua, hasil implementasi dalam MATLAB memperlihatkan bahwa teori yang sifatnya abstrak dapat divisualisasikan secara nyata. Melalui program sederhana, ditunjukkan bahwa untuk nilai  $\epsilon$  tertentu, misalnya 0,1, 0,05 dan 0,01, program dapat menghitung nilai  $N$  yang sesuai dan membuktikan bahwa untuk semua  $n > N$ , kondisi  $|a_n - 1| < \epsilon$  terpenuhi. Selain itu, visualisasi grafik menampilkan dengan jelas bagaimana nilai barisan  $a_n$  semakin mendekati limit  $L=1$  dan akhirnya berada di dalam pita batas  $[L-\epsilon, L+\epsilon]$ . Hal ini memberikan bukti numerik sekaligus visual bahwa konsep  $\epsilon$ - $N$  bekerja dengan baik.

Ketiga, dari perspektif pembelajaran, penelitian kecil ini membuktikan bahwa penggunaan perangkat lunak MATLAB mampu menjembatani kesenjangan antara pemahaman konseptual dan penerapan praktis. Definisi  $\epsilon$ - $N$  yang sering dianggap rumit dan membingungkan oleh mahasiswa dapat lebih mudah dipahami ketika divisualisasikan melalui simulasi komputer. Dengan demikian, MATLAB tidak hanya berfungsi sebagai alat hitung, tetapi juga sebagai media pedagogis yang memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap materi analisis real.

Secara keseluruhan, mini riset ini menunjukkan bahwa integrasi teori analisis real dengan teknologi komputasi memiliki manfaat ganda: memperkuat ketelitian matematis sekaligus menghadirkan pengalaman belajar yang lebih konkret. Dengan menggabungkan pendekatan formal dari Bartle & Sherbert dengan pemrograman numerik di MATLAB, penelitian ini berhasil menegaskan bahwa barisan  $a_n = \frac{n}{n+2}$  benar-benar konvergen ke limit 1 sesuai definisi formal  $\epsilon$ - $N$ , serta memperlihatkan bagaimana teori abstrak dapat dihidupkan dalam bentuk visualisasi komputasional.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bartle, R. G., & Sherbert, D. R. (2011). *Introduction to Real Analysis* (4th ed.). Wiley.
- Hadi, S., & Prabowo, A. (2020). Penerapan MATLAB dalam Pembelajaran Analisis Real. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Aplikasinya*, 19(1), 55-64.
- Johnson, C. (2005). *Numerical Methods Using MATLAB*. Prentice Hall.
- Mathews, J. H., & Fink, K. D. (2004). *Numerical Methods Using MATLAB* (4th ed.). Pearson.
- Rudin, W. (1976). *Principles of Mathematical Analysis* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Suryadi. (2018). Pemahaman Mahasiswa Terhadap Konsep Limit Melalui Definisi Epsilon-Delta. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(2), 101-112.
- Adnyani, L. P. W., Auliya, R. N., & Pinahayu, E. A. R. (2018). Aplikasi Matlab Dalam Pengembangan Pembelajaran Matematika Di Sma. *UNES Journal of Community Service*, 3(2), 163. <https://doi.org/10.31933/ujcs.3.2.162-165.2018>
- Anwar, S. (2021). *Computer Programming for Engineers: MATLAB*. 1-7.
- Apriansyah, & Baysha, H. (2018). PENGARUH MEDIA PEMBELAJARAN MATRIX LABORATORY (MATLAB) TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA Apriansyah. *Teknologi Pendidikan*, 3(2), 10-20.
- Bartle, R. G., & Sherbert, D. R. (2010). Instructor 's Manual to Accompany Introduction to Real Analysis. In *Solutions*. Permissions Departement.
- Cecilia Br Perangin Angin, Combest Prajogo Tambunan, Raja Harly Anugrah Lubis, Usnul Marisa Siregar, & Yumna Khairi Amani Piliang. (2024). Analisis Kemampuan Mahasiswa

- Matematika FMIPA Unimed dalam Menyelesaikan Permasalahan Konvergensi dan Divergensi Barisan Bilangan Real dengan Berbantuan Software MATLAB. *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumihan Dan Angkasa*, 2(6), 76-86. <https://doi.org/10.62383/algoritma.v2i6.281>
- Collins, S. P., Storrow, A., Liu, D., Jenkins, C. A., Miller, K. F., Kampe, C., & Butler, J. (2021). EFEKTIVITAS PENGGUNAAN MODEL PEMBELAJARAN MATEMATIKA REALISTIK TERHADAP KEMAMPUAN PEMAHAMAN KONSEP TEORI GRAF PERBANTUAN MATLAB PADA MATAKULIAH MATEMATIKA DIKRIT. *JURNAL SERUNAI MATEMATIKA*, 17(1), 167-186.
- Fatwa, M., Rizki, R., Sriwinarty, P., & Supriyadi, E. (2022). Pengaplikasian Matlab pada Perhitungan Matriks. *Papanda Journal of Mathematics and Science Research*, 1(2), 81-93. <https://doi.org/10.56916/pjmsr.v1i2.260>
- Herawati, A. S. (2014). KONSTRUKSI KONSEP RELASI DAN FUNGSI DALAM SISTEM GUI MATLAB. *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 2(November), 268-271.
- Hohenwarter, M., Hohenwarter, J., Kreis, Y., & Lavicza, Z. (2008). Teaching and calculus with free dynamic mathematics software GeoGebra. *International Congress on Mathematical Education*, 1-9.
- Kartika, H. (2014). Pembelajaran Matematika Berbantuan Software Matlab sebagai Upaya Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis dan Minat Belajar Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Unsika*, 2(1), 21-33. <https://journal.unsika.ac.id/index.php/judika/article/view/119>
- Mikolis Etimanta Ginting, Eka Sri Hartini Hasibuan, Danu Rama Dani, Nia Devi Friskauly, & Witri Wardani Hulu. (2024). Penyelesaian Masalah Limit Fungsi dengan Menggunakan Software MATLAB (Matrix Laboratory). *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumihan Dan Angkasa*, 2(6), 34-47. <https://doi.org/10.62383/algoritma.v2i6.274>
- Nuraeni, Z., & Rosyid, A. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Index Card Match (ICM) dengan Problem Posing Berbantuan Software MATLAB terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah. *Jurnal Elemen*, 5(1), 12-22. <https://doi.org/10.29408/jel.v5i1.710>
- Parhusip. (2013). PEMBELAJARAN KONVERGENSI BARISAN BILANGAN DAN FUNGSI REAL DENGAN MATLAB dan GEOGEBRA. *Kajian Bidang: Matematika Pendidikan*.
- Pierce, R., & Stacey, K. (2010). Mapping pedagogical opportunities provided by mathematics analysis software. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(1), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10758-010-9158-6>
- Pugh, C. C. (2015). *Undergraduate Texts in Mathematics Real Mathematical Analysis Second Edition*. Springer. <http://www.springer.com/series/666>
- Santosa, F. H., Bahri, S., & Ibrahim, M. (2018). Pengembangan aplikasi project simulasi Limit fungsi menggunakan matlab. *Jurnal Riset Teknologi Dan Inovasi Pendidikan*, 1(2), 80-89.
- Simarmata, S. M., Sinaga, B., & Syahputra, H. (2022). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematika Siswa Dalam Penerapan Model Discovery Learning Berbantuan Matlab. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1), 692-701. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i1.1227>
- Umah, U., & Vitantri, C. A. (2019). Representasi Visual Matematis Mahasiswa Dalam Memodelkan Kejadian Dinamis Ditinjau Dari Perbedaan Gaya Kognitif Dan Jenis Kelamin. *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 5(1), 87. <https://doi.org/10.24853/fbc.5.1.87-96>
- Woka, M. E., Kristino Tuandali, J., Hayati, M., Saketa, J., Mananti, N., & Dalengkade, M. N. (2022). Matlab Sebagai Media Pembelajaran Dasar-Dasar Komputasi Matriks. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 22. <https://jurnal-adaikepri.or.id/index.php/JUPADAI>
- Yaqin, A., Fathoni, M. I. A., Fitri, A., Ulama, N., Giri, S., Ahmad, J., No, Y., & Timur, J. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Fukudrat Solver Berbasis Matlab pada Materi Fungsi Kuadrat. *TEOREMA: Teori Dan Riset Matematika*, 09(September), 317-328.

**LAMPIRAN**

