Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar,
ISSN Cetak : 2477-2143 ISSN Online : 2548-6950
Volume 10 Nomor 02, Juni 2025

Perbandingan Metode Newton Raphson dan Metode Steffensen dalam Penentuan Akar Fungsi Non-Linier Menggunakan Pemrograman *Hypertext Preprocessor*

Nikmat Rahmatullah[1], Amrullah[2], Gilang Primajati[3], Sudi Prayitno[4]
[1]Mahasiswa Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Mataram
[234]Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Mataram
rahmatullahn515@gmail.com

ABSTRACT

Mathematical problems frequently arise in various scientific fields, particularly in determining the roots of nonlinear functions. Since complex nonlinear functions are often difficult to solve analytically, numerical methods are commonly used as an alternative approach. This article aims to compare the number of iterations and the error levels produced by the Newton-Raphson and Steffensen methods. The tests were conducted on three types of functions: polynomial functions of the form $a_0x^n + a_1x^{n-1} + \cdots + a_mx^0$*, exponential functions of the form* $ae^{bx+d} + t$ *and trigonometric functions of the form* $a_0 \sin(b_0x) + a_1 \cos(b_1x) + a_2$*. For each type, three different functions were used, and each was tested with three different initial guesses. The results show that, in terms of iteration count, the Newton-Raphson method outperformed the Steffensen method for polynomial and trigonometric functions by* 84% *and* 62%*, respectively, while for exponential functions, the Steffensen method was superior by* 12%*. In terms of error, the Newton-Raphson method yielded smaller errors across all function types, with improvements of* 92%, 84%*, and* 98% *for polynomial, exponential, and trigonometric functions, respectively, compared to the Steffensen method.*

Keywords*: Root of Function, Newton-Raphson Method, Steffensen Method, Hypertext Preprocessor*

ABSTRAK

Permasalahan matematika kerap muncul di berbagai bidang ilmu, terutama dalam hal penentuan akar dari fungsi non-linier. Karena fungsi-fungsi non-linier yang kompleks sering kali sulit diselesaikan secara analitik, metode numerik menjadi alternatif yang umum digunakan. Artikel ini bertujuan untuk membandingkan jumlah iterasi dan tingkat galat yang dihasilkan dari metode Newton-Raphson dan Steffensen. Pengujian dilakukan terhadap tiga jenis fungsi, yaitu polinomial dengan bentuk $a_0x^n + a_1x^{n-1} + \cdots + a_mx^0$, eksponensial dengan bentuk $ae^{bx+d} + t$ dan trigonometri $a_0 \sin(b_0x) + a_1 \cos(b_1x) + a_2$. Untuk setiap jenis fungsi, digunakan tiga fungsi yang berbeda dan masing-masing fungsi diuji dengan tiga nilai tebakan awal yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dalam hal jumlah iterasi, metode Newton-Raphson menunjukkan keunggulan pada fungsi polinomial dan trigonometri, masing-masing sebesar 84% dan 62% dibanding metode Steffensen, sedangkan pada fungsi eksponensial, metode Steffensen unggul sebesar 12% dibanding metode Newton-Raphson. Dari sisi galat, metode Newton-Raphson unggul pada fungsi polinomial, eksponensial, dan trigonometri dengan galat yang lebih kecil masing-masing sebesar 92%, 84%, dan 98% dibandingkan metode Steffensen.

Kata Kunci: Akar Fungsi, Metode Newton-Raphson, Metode Steffensen, Program *Hypertext Preprocessor*

A. Pendahuluan

Permasalahan yang melibatkan model matematika sering muncul di berbagai bidang ilmu, seperti teknik, sains, dan ekonomi (Sapari & Bahri, 2019). Salah satu bentuk pemodelan matematika yang umum digunakan adalah fungsi non-linier, yaitu fungsi yang grafiknya tidak membentuk garis lurus. Beberapa permasalahan yang dihadapkan dengan fungsi non-linier adalah penentuan akar fungsi (Mumtazi, Amrullah, Hikmah & Prayitno, 2024), yaitu mencari nilai x sehingga membuat kodisi dimana $f(x) = 0$.

Dalam menentukan akar fungsi terdapat dua pendekatan yang biasa digunakan yaitu metode analitik dan metode numerik, namun jika dihadapkan dengan fungsi yang kompleks metode analitik sulit digunakan (Salwa, Syaharuddin, Sulistina, Nurmayanti, Rahmatin & Negara, 2022). Oleh karena itu penentuan akar fungsi non-linier lebih tepat diselesaikan menggunakan metode numerik (Wulan, Sukarti & Zulkarnaen, 2016).

Metode numerik dapat menemukan akar dengan iterasi dan galat sebagai dasar pendekatannya. Proses iterasi dilakukan secara berulang dimulai dari sebuah nilai awal, kemudian dikembangkan menjadi nilai-nilai pendekatan baru yang semakin mendekati akar fungsi. Dalam proses iteratif ini, galat digunakan sebagai ukuran seberapa dekat nilai pendekatan terhadap akar sebenarnya. Salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk mengukur besar galat adalah dengan menghitung nilai mutlak dari fungsi pada nilai pendekatan, yaitu $|f(x_n)|$ (Sujaya, Prayitno, Kurniati & Sridana, 2024).

Metode Newton-Raphson dan metode Steffensen merupakan dua metode numerik yang sering digunakan dalam mencari akar suatu persamaan non-linier. Metode Newton-Raphson terkenal karena kecepatannya dalam konvergensi kuadratik, tetapi memiliki kelemahan ketika turunan pertama dari fungsi mendekati nol (Martins, Ferreira & Goncalves, 2022). Iterasi metode ini dirumuskan sebagai.

$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$ (Martins et al. 2022)

Di sisi lain, metode Steffensen menawarkan pendekatan yang lebih stabil karena tidak memerlukan turunan fungsi (Fitriani, Kho & Putra 2014). Untuk rumus iterasi metode ini adalah sebagai berikut.

$x_{n+1} = x_n - \frac{[f(x_n)]^2}{f(x_n + f(x_n)) - f(x_n)}$ (Martins et al. 2022)

Seiring dengan perkembangan teknologi, implementasi metode numerik dalam bahasa pemrograman menjadi semakin umum. Salah satu bahasa pemrograman yang dapat dimanfaatkan dalam komputasi numerik adalah bahasa pemrograman PHP. Bahasa pemrograman PHP yang merupakan singkatan dari Hypertext Preprocessor, adalah bahasa pemrograman open-source yang dirancang untuk pengembangan web dinamis (Suprianto, 2008). Salah satu keunggulan utama PHP adalah kemudahan penggunaannya. Bahasa ini memiliki sintaks yang dirancang untuk mudah dipelajari, bahkan oleh pemula. Oleh karena itu, peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul "Perbandingan Metode Newton Raphson dan Metode Steffensen dalam Penentuan Akar Fungsi Non-Linier Menggunakan Pemrograman *Hypertext Preprocessor*".

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian berjenis terapan (applied research) dengan metode eksperimen, yakni untuk mengimplementasikan metode Newton-Raphson dan Steffensen dalam penentuan akar fungsi non-linier menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan tujuan untuk membandingkan efektivitasnya ditinjau dari galat dan jumlah iterasi yang dibutuhkan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Persiapan

   Dalam penelitian ini, dilakukan beberapa persiapan dalam bentuk perangkat, seperti perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

2. Pengumpulan data

   Tahap berikutnya yaitu menyiapkan beberapa fungsi non-linier yang sudah diketahui akar-akarnya sebagai bahan validasi program PHP. Adapun fungsi-fungsi yang menjadi bahan validasi adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Fungsi Non-linier dan Akar-Akarnya

Fungsi	Akar Fungsi	Sumber
$3x^2 - 4x - 25$	$x_1 = 3.63$ $x_2 = -2.30$	(Pramudya et al., 2022)
$x^2 + 3x + 2$	$x_1 = -1$ $x_2 = -2$	(Erviana et al., 2023)
$\sin(x) + \cos(x) + 1$	$x = -1.57080$	(Erviana et al., 2023)
$2\sin(x) - \cos(x) + 1$	$x = 4.06889$	(Erviana et al., 2023)
$(\cos(x) - x)^3$	$x = 0.73908$	(Bustami, 2014)
$\left(xe^{x^2} - \sin^2(x) + 3\cos(x) + 5\right)^4$	$x = -1.20765$	(Bustami, 2014)
$\frac{-1400(1.2)^x}{1.2^x - 1} - \frac{150x}{1.2^x - 1} + 3750$	$x = 3.22967$	(Sujaya et al., 2024)
$\frac{-7x^5 + 70x^4 - 256x^3 + 417x^2 - 277x + 73}{10000}$	$x = 4.02$	(Mustika et al., 2020)
$x^3 - 9x^2 - 4x + 36$	$x_1 = -2$ $x_2 = 2$ $x_3 = 9$	(Mumtazi et al., 2024)
$2e^x - 3$	$x = 0.405$	(Mumtazi et al., 2024)
$e^{2x+1} - 5$	$x = 0.305$	(Mumtazi et al., 2024)
$\frac{(x^2 + 2x)e^{x^2}}{e^x - x}$	$x = 0.79231$	(Darmawan, 2016)

3. Implementasi Metode Newton-Raphson dan Steffensen Menggunakan PHP

   Setelah memahami metode dari literatur dan mengumpulkan data, langkah berikutnya adalah mengimplementasikan kedua metode dalam bentuk program menggunakan bahasa pemrograman PHP. Berikut adalah algoritma dari metode Newton-Raphson dan metode Steffensen.

   Algoritma metode Newton-Raphson:

   1. Mendefinisikan fungsi f dimana f adalah fungsi non-linier.
   2. Memasukkan sembarang nilai x_0 sebagai tebakan awal akarnya.
   3. Memasukkan nilai toleransi e.
   4. Menghitung nilai $f(x_n)$, $f'(x_n)$ dan $x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$ (Martins et al. 2022).

5. Definisikan banyak iterasi sebagai $i = 0$
6. Mengecek kondisi jika $f'(x_n) = 0$, maka kembalikan nilai x_n sebagai hampiran akar dengan i iterasi. Jika tidak, maka $i = i + 1$.
7. Mengecek kondisi jika $|x_{n+1} - x_n| \leq e$, program berhenti dan mengembalikan nilai hampiran akar yaitu x_{n+1} dengan i iterasi. Jika tidak, maka $x_{n+1} = x_n$ dan kembali ke langkah 6.

Algoritma metode Steffensen:

1. Mendefinisikan fungsi f dimana f adalah fungsi non-linier.
2. Memasukkan sembarang nilai x_0 sebagai tebakan awal akarnya.
3. Memasukkan nilai toleransi e.
4. Menghitung nilai $f\big(x_n + f(x_n)\big)$, $f(x_n)$ dan $x_{n+1} = x_n - \frac{f^2(x_n)}{f(x_n+f(x_n))-f(x_n)}$ (Martins et al. 2022).
5. Definisikan banyak iterasi sebagai $i = 0$.
6. Mengecek kondisi jika $f\big(x_n + f(x_n)\big) = f(x_n)$, maka kembalikan nilai x_n sebagai hampiran akar i iterasi. Jika tidak, maka $i = i + 1$.
7. Mengecek kondisi jika $|x_{n+1} - x_n| \leq e$, program berhenti dan mengembalikan nilai hampiran akar yaitu x_{n+1} dengan i iterasi. Jika tidak, maka $x_{n+1} = x_n$ dan kembali ke langkah 6.

4. Uji Validitas

Pada tahap ini dilakukan uji program PHP dengan menggunakan beberapa fungsi yang sudah diketahui nilai eksaknya. Jika masih terjadi kesalahan atau hasil running program jauh dari nilai eksaknya maka program akan direvisi sampai program dipastikan valid.

5. Analisis

Setelah mendapatkan program yang valid, dilakukan analisis pada masing-masing fungsi sebanyak tiga kali dengan mengganti koefisien dan nilai awal (x_0) yang berbeda-beda. Fungsi yang digunakan adalah fungsi polinomial denga bentuk

$a_0x^n + a_1x^{n-1} + \cdots + a_mx^0$, fungsi eksponensial dengan bentuk $ae^{bx+d} + t$ dan fungsi trigonometri dengan bentuk $a_0 \sin(b_0x) + a_1 \cos(b_1x) + a_2$.

6. Kesimpulan

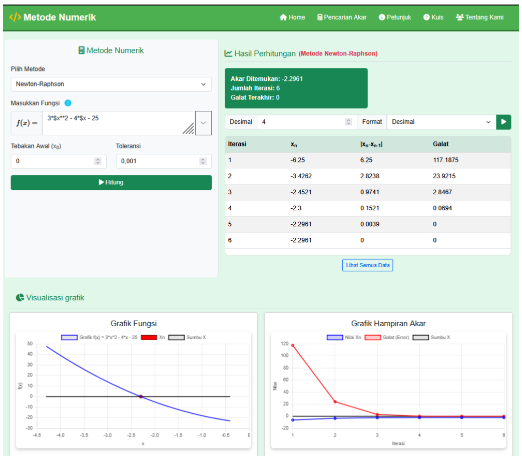
   Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan tentang metode mana yang lebih efektif dalam menentukan akar fungsi non-linier menggunakan PHP.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

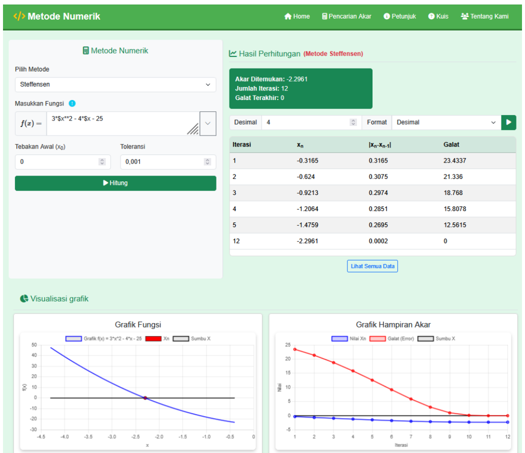
Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah program utuh berbasis PHP yang mengimplementasikan metode Newton-Raphson dan metode Steffensen dalam menyelesaikan akar dari fungsi non-linier. Selain itu, penelitian ini juga membandingkan jumlah iterasi yang diperlukan serta tingkat galat yang dihasilkan dari kedua metode tersebut.

Hasil

Berdasarkan algoritma metode Newton-Raphson dan metode Steffensen, dikembangkan program PHP berbentuk website untuk menyelesaikan persoalan akar fungsi non-linier. Sebelum digunakan untuk analisis perbandingan, program PHP yang telah dikembangkan diuji terlebih dahulu guna memastikan bebas dari error. Sebanyak 12 fungsi non-linier digunakan sebagai bahan pengujian, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Gambar 1 dan Gambar 2 berikut menampilkan hasil visualisasi perhitungan data pada Tabel 1 menggunakan Program PHP.



Gambar 1 Hasil Eksekusi Program Menggunakan Metode Newton-Raphson



Gambar 2 Hasil Eksekusi Program Menggunakan Metode Steffensen

Selengkapnya, hasil pengujian program PHP pada Tabel 1 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian program PHP

Fungsi	Hampiran Akar		
	Literatur	Metode Newton-Raphson	Metode Steffensen
$3x^2-4x-25$	$x_1=3.63$ $x_2=-2.30$	-2.2961	-2.2961
x^2+3x+2	$x_1=-1$ $x_2=-2$	-1	-1
$\sin(x)+\cos(x)+1$	$x=-1.57080$	-1.5708	-1.5708
$2\sin(x)-\cos(x)+1$	$x=4.06889$	4.0689	4.0689
$(\cos(x)-x)^3$	$x=0.73908$	0.7406	0.7406
$\left(xe^{x^2}-\sin^2(x)+3\cos(x)+5\right)^4$	$x=-1.20765$	-1.2052	-1.2051
$\frac{-1400(1.2)^x}{1.2^x-1}-\frac{150x}{1.2^x-1}+3750$	$x=3.22967$	3.2297	-24.8306
$\frac{-7x^5+70x^4-256x^3+417x^2-277x+73}{10000}$	$x=4.02$	4.0181	4.0181
$x^3-9x^2-4x+36$	$x_1=-2$ $x_2=2$ $x_3=9$	-2	-2
$2e^x-3$	$x=0.405$	0.4055	0.4055
$e^{2x+1}-5$	$x=0.305$	0.3047	0.3047
$\frac{(x^2+2x)e^{x^2}}{e^x-x}$	$x=0.79231$	0	0

Berdasarkan data pada Tabel 2, hasil running program menunjukkan kesesuaian yang tepat dengan hasil literatur untuk setiap fungsi yang diuji. Oleh karena itu, program PHP untuk metode Newton-Raphson dan Steffensen dinyatakan valid dan layak digunakan untuk keperluan analisis perbandingan kinerja kedua metode tersebut.

Karena program telah dinyatakan valid, tahap selanjutnya adalah mengumpulkan data uji secara acak yang terdiri dari tiga jenis fungsi, yaitu fungsi polinomial dengan bentuk umum $a_0x^n+a_1x^{n-1}+\cdots+a_m$, eksponensial dengan bentuk umum $ae^{bx+d}+t$, dan trigonometri dengan bentuk umum $a_0\sin(b_0x)+a_1\cos(b_1x)+a_2$. Data uji ini akan digunakan untuk membandingkan jumlah iterasi dan galat dari metode Newton-Raphson dan metode Steffensen dalam penentuan akar fungsi non-linier. Hasil pengujian ditampilkan dalam enam tabel yaitu Tabel 3 sampai Tabel 8 berikut.

Tabel 3. Hasil *Running* Metode Newton-Raphson pada Fungsi Polinomial

n	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_m	x_0	i	Hampiran Akar	Galat
							1.6	6	-1	1.19×10^{-13}
2	1	-5	0	0	0	-6	0	4	-1	1.74×10^{-11}
							-1.5	3	-1	1.91×10^{-8}
							-1	6	-1.7149	7.53×10^{-12}
3	3	5	5	0	0	9	0	4	-1.7149	3.18×10^{-9}
							1	5	-1.7149	6.36×10^{-6}
							1	3	0.8225	5.94×10^{-9}
5	1	-3	2	4	-1	-2	-1	10	0.8225	2.46×10^{-11}
							-1.1	6	0.8225	2.22×10^{-9}

Tabel 4. Hasil *Running* Metode Steffensen pada Fungsi Polinomial

n	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_m	x_0	i	Hampiran Akar	Galat
							1.6	7	-1	1.32×10^{-7}
2	1	-5	0	0	0	-6	0	5	-1	9.93×10^{-8}
							-1.5	5	-1	1.02×10^{-8}
							-1	9	-1.7149	2.87×10^{-8}
3	3	5	5	0	0	9	0	39	-1.7149	9.75×10^{-7}
							1	86	-1.7149	6.03×10^{-5}
							1	4	0.8225	6.1×10^{-6}
5	1	-3	2	4	-1	-2	-1	54	0.8225	1.41×10^{-5}
							-1.1	85	0.8225	9.4×10^{-8}

Tabel 5 Hasil *Running* Metode Newton-Raphson pada Fungsi Eksponensial

a	b	d	t	x_0	i	Hampiran Akar	Galat
				1.5	3	1.6094	9.27×10^{-10}
1	1	0	-5	2	4	1.6094	1.49×10^{-11}
				2.5	4	1.6094	1.73×10^{-6}
				-1	3	-1.0986	2.39×10^{-10}
1	-1	0	-3	1	10	-1.0986	8.48×10^{-10}
				2	23	-1.0986	1.09×10^{-9}
				0	3	0.0837	8.41×10^{-11}
2	-1	1	-5	2	9	0.0837	6.32×10^{-11}
				4	50	0.0837	4.88×10^{-8}

Tabel 6 Hasil *Running* Metode Steffensen pada Fungsi Eksponensial

a	b	d	t	x_0	i	Hampiran Akar	Galat
				1.5	4	1.6094	4.91×10^{-8}
1	1	0	-5	2	7	1.6094	4.54×10^{-8}
				2.5	45	1.6094	6.72×10^{-6}
				-1	3	-1.0986	1.84×10^{-8}
1	-1	0	-3	1	6	-1.0986	3.62×10^{-11}
				2	6	-1.0986	1.52×10^{-6}
2	-1	1	-5	0	3	0.0837	2.17×10^{-6}
				2	11	0.0837	2.79×10^{-9}

4	12	0.0837	6.52×10^{-7}

Tabel 7 Hasil *Running* Metode Newton-Raphson pada Fungsi Trigonometri

a_0	b_0	a_1	b_1	a_2	x_0	i	Hampiran Akar	Galat
3	1	0	0	-2	0.5	3	0.7297	1.36×10^{-8}
					0	4	0.7297	1.32×10^{-12}
					-1	6	2.4119	1.11×10^{-12}
4	1	-2	1	3	-2	3	-1.9426	1.04×10^{-12}
					-3	3	-1.9426	2.16×10^{-8}
					-4	8	48.3229	5.33×10^{-13}
4	3	-3	2	2	0	3	0.0809	8.51×10^{-13}
					0.5	5	0.0809	1.36×10^{-8}
					1	6	0.0809	2.17×10^{-7}

Tabel 8. Hasil *Running* Metode Steffensen pada Fungsi Trigonometri

a_0	b_0	a_1	b_1	a_2	x_0	i	Hampiran Akar	Galat
3	1	0	0	-2	0.5	4	0.7297	4.6×10^{-11}
					0	4	2.4119	1.03×10^{-6}
					-1	4	-5.5535	4.72×10^{-7}
4	1	-2	1	3	-2	3	-1.9426	8.04×10^{-10}
					-3	5	-8.2258	1.42×10^{-8}
					-4	7	16.9069	7.47×10^{-12}
4	3	-3	2	2	0	18	10.2649	1.1×10^{-5}
					0.5	46	333.0897	1.08×10^{-6}
					1	16	-27.4342	1.49×10^{-6}

Untuk memudahkan dalam membandingkan jumlah iterasi dan galat metode Newton-Raphson dan Steffensen pada Tabel 3 sampai Tabel 8, akan ditentukan nilai rata-rata jumlah iterasi dan rata-rata galat dari kedua metode tersebut. Perbandingan nilai rata-rata iterasi dan galat yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9. Nilai rata-rata jumlah iterasi dan galat fungsi polinomial, eksponensial dan trigonometri pada metode Newton-Raphson dan Steffensen

Jenis Fungsi	Metode Newton-Raphson		Metode Steffensen	
	Iterasi	Galat	Iterasi	Galat
Fungsi Polinomial	5.22	7.1×10^{-7}	32.67	9.09×10^{-6}
Fungsi Eksponensial	12.11	1.98×10^{-7}	10.78	1.24×10^{-6}
Fungsi Trigonometri	4.56	2.95×10^{-8}	11.89	1.68×10^{-6}

Pembahasan

Berdasarkan data pada Tabel 9, diperoleh hasil perbandingan metode Newton-Raphson dan metode Steffensen terhadap tiga jenis fungsi non-linier. Pada fungsi polinomial, rata-rata jumlah iterasi metode Newton-Raphson adalah 5,22 dengan rata-rata galat sebesar $7{,}1\times10^{-7}$, sedangkan metode Steffensen memerlukan rata-rata 32,67 iterasi dengan galat sebesar $9{,}09\times10^{-6}$. Untuk fungsi eksponensial, metode Newton-Raphson menunjukkan rata-rata iterasi sebesar 12,11 dan galat $1{,}98\times10^{-7}$, sementara metode Steffensen membutuhkan 10,78 iterasi dengan galat sebesar $1{,}24\times10^{-6}$. Adapun pada fungsi trigonometri, metode Newton-Raphson memerlukan rata-rata 4,56 iterasi dengan galat $2{,}95\times10^{-8}$, sedangkan metode Steffensen menghasilkan rata-rata 11,89 iterasi dan galat $1{,}68\times10^{-6}$. Sehingga dari data ini dapat disimpulkan bahwa dalam hal jumlah iterasi, metode Newton-Raphson menunjukkan keunggulan pada fungsi polinomial dan trigonometri, masing-masing sebesar 84% dan 62% dibanding metode Steffensen, sedangkan pada fungsi eksponensial, metode Steffensen unggul sebesar 12% dibanding metode Newton-Raphson. Dari sisi galat, metode Newton-Raphson unggul pada fungsi polinomial, eksponensial, dan trigonometri dengan galat yang lebih kecil masing-masing sebesar 92%, 84%, dan 98% dibandingkan metode Steffensen.

Hasil ini menunjukkan bahwa metode Newton-Raphson lebih akurat dibandingkan metode Steffensen, terutama pada fungsi polinomial dan trigonometri, ditinjau dari galat yang lebih kecil dan jumlah iterasi yang lebih rendah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Erviana et al. (2023), yang menyatakan bahwa metode Newton-Raphson dalam penentuan akar fungsi polinomial, eksponensial dan trigonometri membutuhkan iterasi yang sedikit dengan galat yang rendah. Demikian pula, Sutrisno (2023) mencatat bahwa rata-rata iterasi metode Newton-Raphson berada pada kisaran 5,9, yang menunjukkan efisiensi tinggi dalam proses konvergensi. Penelitian Mumtazi et al. (2024) juga menyatakan bahwa metode Steffensen dapat menghasilkan jumlah iterasi yang sangat tinggi, bahkan hingga 95 iterasi dalam kasus tertentu, dan memiliki galat yang lebih besar dibanding metode Secant. Hal ini menguatkan temuan dari Erviana et al. (2023) yang menyatakan bahwa Newton-Raphson lebih unggul daripada metode Secant. Selain itu, menurut Fitriani et al. (2014), metode Steffensen cenderung kurang stabil dan lebih rentan terhadap kegagalan konvergensi dibandingkan metode Newton-Raphson.

E. Kesimpulan

Hasil pembahasan menunjukkan bahwa metode Newton-Raphson memiliki performa yang lebih baik dibandingkan metode Steffensen dalam sebagian besar kasus. Pada jumlah iterasi, metode Newton-Raphson lebih unggul pada fungsi polinomial dan trigonometri, dengan jumlah iterasi yang lebih sedikit masing-masing sebesar 84% dan 62%. Sebaliknya, untuk fungsi eksponensial, Steffensen unggul dengan jumlah iterasi 12% lebih sedikit dibandingkan Newton-Raphson. Dari sisi galat, metode Newton-Raphson menghasilkan galat yang lebih kecil pada ketiga jenis fungsi yang diuji, yaitu 92% pada fungsi polinomial, 84% pada eksponensial, dan 98% pada trigonometri dibanding metode Steffensen.

DAFTAR PUSTAKA

Darmawan, R. N. (2016). Perbandingan Metode Gauss-Legendre, Gauss-Lobatto, dan Gauss-Kronrod pada Integrasi Numerik Fungsi Eksponensial. *JMPM: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 1(2), 99-108. https://journal.unipdu.ac.id/index.php/jmpm/article/view/596.

Erviana, B. S., Amrullah, Triutami, T. W., & Subarinah, S. (2023). Efisiensi Penyelesaian Numerik Persamaan Non-Linear Dengan Metode Newton Raphson dan Metode Secant Menggunakan Program Software Berbasis Python. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(3), 1719–1729. https://doi.org/https://doi.org/10.23969/jp.v8i3.10964.

Fitriani., Kho, J., & Putra, S. (2014). Metode newton-steffensen dengan orde kekonvergenan tiga untuk menyelesaikan persamaan nonlinear. *JOM FMIPA*, 1(2), 1-8. https://www.neliti.com/publications/189508/metode-newton-steffensen-dengan-orde-kekonvergenan-tiga-untuk-menyelesaikan-pers.

Jumiastri, E., Bahri, S., & Ginting, B. (2015). Penyelesaian Persamaan Nonlinier Dengan Metode Modifikasi Bagi Dua. *Jurnal Matematika UNAND*, 4(1), 68.

https://doi.org/10.25077/jmu.4.1.68-75.2015.

Martins, E. M., Ferreira, G. C. G., & Gonçalves, T. E. (2022). A slight generalization of Steffensen Method for Solving Non Linear Equations. arXiv preprint arXiv:2209.14474. https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.14474.

Mumtazi, Y., Amrullah, Hikmah, N., & Prayitno, S. (2024). Comparison of Steffensen and Secant Methods in Determining Non-Linear Function Roots Using Hypertext Preprocessor (PHP) Programmer. *Journal of Education*, Science, Geology, and Geophysics, 5(3), 418–424. https://doi.org/https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v5i3.393.

Mustika, S. N., & Noerhayati, E. (2020). Pemodelan persamaan nonlinier miniatur pintu air terhadap debit air irigasi. *Jurnal Teknologi Elektro dan Kejuruan*, 33(1), 37-44. https://journal2.um.ac.id/index.php/tekno/article/view/15632.

Putra, H. A. A. (2017). Metode Iterasi Tanpa Turunan Yang Optimal Berdasarkan Metode Steffensen Untuk Menyelesaikan Persamaan Nonlinear (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya). https://repository.ub.ac.id/id/eprint/4913/.

Pramudya, D., Kurniati, N., & Bella, C. (2022). Model Persamaan Non Linear Dalam Matematika Bisnis. *Jurnal Dunia Ilmu*, 2(3), 1–10. http://duniailmu.org/index.php/repo/article/view/99.

Romemendia., & Bustami. (2014). Modifikasi metode Halley berdasarkan metode Osada dan Euler Chebyshev untuk akar ganda. *JOM FMIPA*, 1(2), 231-240. https://www.neliti.com/publications/183639/modifikasi-metode-halley-berdasarkan-metode-osada-dan-euler-chebyshev-untuk-akar.

Salwa, H. Y., Syaharuddin, Sulistina, L., Nurmayanti, E., Rahmatin, A., & Negara, H. R. P. (2022). Perbandingan Metode Newton Midpoint Halley, Metode Olver dan Metode Chabysave Dalam Penyelesaian Akar-Akar Persamaan Non-Linear. *Indonesian Journal of Engineering*, 3(1), 1–15. https://repository.uinmataram.ac.id/3031/.

Sapari, J., & Bahri, S. (2019). Penentuan Akar-akar Persamaan Nonlinier dengan Metode Iterasi Baru. *Jurnal Matematika UNAND*, 4(4), 49-56. https://doi.org/10.25077/jmu.4.4.49-56.2015.

Subarinah, S. (2022). Metode numerik. Mataram: FKIP Universitas Mataram Press.

Sujaya, K. A., Sudi Prayitno, Nani Kurniati, & Nyoman Sridana. (2024). Efektivitas Metode Brent dalam Penyelesaian Masalah Break Even Point Menggunakan Pemrograman Pascal. *Mandalika Mathematics and*

Educations Journal, 6(1), 120–130. https://doi.org/10.29303/jm.v6i1.6923.

Sutrisno, T. (2023). Aplikasi Penyelesaian Numerik Pencarian Akar Persamaan Non-Linier Dan Penerapannya Dalam Menyelesaikan Analisis Break Even Point. Computatio : *Journal of Computer Science and Information Systems*, 7(1), 37–49. https://doi.org/10.24912/computatio.v7i1.23438.

Wartono, & Jumianti, E. (2015). Modifikasi Metode Newton-Steffensen Tiga Langkah Menggunakan Interpolasi Kuadratik. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)*, 7, 409–417. https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/SNTIKI/article/viewFile/3024/1924.

Wulan, E. R., Sukarti, M., & Zulkarnaen, D. (2016). Perbandingan Tingkat Kecepatan Konvergensi dari Metode Newton Raphson dan Metode Secant Setelah Mengaplikasikan Metode Aiken's dalam Perhitungan Akar Pangkat Tiga. *Jurnal Matematika Integratif*, 12(1), 35–42. https://doi.org/10.24198/jmi.v12.n1.10282.35-42