

Perbandingan Metode Steffensen dan Metode Brent dalam penyelesaian masalah *Break Even Point* menggunakan PHP

Adam Gyanendra Ali Baska^{1*}, Amrullah², Gilang Primajati², Arjudin²

¹ Mahasiswa Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Mataram

² Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Mataram

*adamgyanendraalibaska@gmail.com

Diterima: 18-05-25; Direvisi: 21-05-2025; Dipublikasi: 22-05-2025

Abstract

The nonlinear mathematical model of Break Even Point (BEP) problem is difficult to solve analytically to obtain an exact solution; therefore, numerical methods can serve as an alternative approach to address this issue. Based on this, the present study aims to develop a PHP program for solving the BEP problem and to compare the Steffensen's and Brent's method in terms of error and number of iterations. This research used the experimental method whose implementation procedures include preparation, PHP program development, program testing, program revision, analysis, and conclusion. The PHP-based program developed in this study can serve as an alternative tool for solving BEP problems and is accessible to both practitioners and academics via the following link <https://lpptp.fkip.unram.ac.id/smhs/e1r021001/index.php>. In solving the BEP problem, the error of Steffensen's method was $17,3 \times 10^{-8}$, while the error of Brent's method was $6,4 \times 10^{-8}$, therefore the error produced by the Brent's method is smaller than that of the Steffensen's method because $6,4 \times 10^{-8} < 17,3 \times 10^{-8}$. Additionally, the number of iterations required by the Steffensen's method was 109, whereas the Brent's method was 56, therefore the number of iterations of the Brent's method is fewer than that of the Steffensen's method because $56 < 109$. Therefore, it can be concluded that the Brent's method is more effective than the Steffensen's method in solving BEP problems in terms of both error and number of iterations.

Keywords: BEP; Steffensen; Brent; PHP; Comparison

Abstrak

Model matematika nonlinear dari masalah *Break Even Point* (BEP) sulit diselesaikan dengan metode analitik untuk memperoleh solusi yang eksak, sehingga metode numerik dapat dijadikan alternatif untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah program PHP yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah BEP serta membandingkan metode Steffensen dan Brent berdasarkan galat dan jumlah iterasinya. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang prosedur pelaksanaannya meliputi persiapan, pengembangan program PHP, pengujian program, revisi program, analisis, dan kesimpulan. Program PHP yang telah dikembangkan dapat digunakan sebagai alat bantu alternatif dalam penyelesaian masalah BEP oleh praktisi maupun akademisi yang dapat diakses melalui tautan <https://lpptp.fkip.unram.ac.id/smhs/e1r021001/index.php>. Dalam penyelesaian masalah BEP, galat dari metode Steffensen adalah $17,3 \times 10^{-8}$, sedangkan galat dari metode Brent adalah $6,4 \times 10^{-8}$ sehingga galat dari metode Brent lebih kecil daripada metode Steffensen karena $6,4 \times 10^{-8} < 17,3 \times 10^{-8}$. Sementara itu, jumlah iterasi yang dibutuhkan metode Steffensen adalah 109, sedangkan metode Brent adalah 56 sehingga jumlah iterasi metode Brent lebih sedikit daripada metode Steffensen karena $56 < 109$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode Brent lebih efektif daripada metode Steffensen dalam penyelesaian masalah BEP berdasarkan galat dan jumlah iterasinya.

Kata Kunci: BEP; Steffensen; Brent; PHP; Perbandingan

1. PENDAHULUAN

Permasalahan yang berkaitan dengan model matematika sering muncul dalam berbagai bidang ilmu, seperti ekonomi, kimia, fisika, dan teknik (Maharani & Suprpto, 2018, hal. 1). *Break Even Point* (BEP) merupakan salah satu dari permasalahan tersebut di dalam bidang ekonomi. Analisis BEP merupakan metode yang digunakan untuk memahami hubungan antara volume penjualan dan profitabilitas (Hasdiana & Khalid, 2020).

Model matematika yang diterapkan dalam masalah BEP dapat berbentuk fungsi linear (sederhana) dan fungsi nonlinear (kompleks). Model yang berbentuk fungsi linear dapat dicari solusinya menggunakan metode analitik yang pastinya menghasilkan solusi yang eksak. Akan tetapi, model yang berbentuk fungsi nonlinear sulit diselesaikan secara analitik untuk memperoleh solusi yang eksak, sehingga metode numerik dapat menjadi alternatif untuk menyelesaikan masalah tersebut. Meskipun hasil perhitungan solusi dari metode numerik selalu menghasilkan galat karena bergantung pada konsep perkiraan, tetapi nilai galatnya dapat diatur sangat kecil dalam komputasinya (Natsir, 2016).

Beberapa contoh metode numerik yang digunakan untuk mencari akar suatu fungsi adalah metode Steffensen dan Brent. Menurut Eskandari (2022), metode Steffensen dapat dianggap lebih unggul dibandingkan dengan metode Newton-Rapshon, karena dengan menyesuaikan nilai tebakan awal, dapat diperoleh hasil yang lebih optimal serta konvergensi yang lebih cepat serta tidak membutuhkan evaluasi turunan fungsi. Metode Steffensen merupakan metode pencarian akar yang proses konvergensinya cepat dengan menyesuaikan nilai tebakan awal yang digunakan serta tidak membutuhkan evaluasi turunan fungsi (Eskandari, 2022). Metode Steffensen ini belum dieksplorasi dalam penyelesaian masalah *break even point* (BEP). Sementara itu, menurut Chapra & Canale (2015, hal. 162), metode Brent adalah metode yang mengombinasikan beberapa metode, yaitu metode *Secant*, metode *Bisection* (Bagi Dua), dan Metode *Invers Quadratic Interpolation* (IQI). Metode brent adalah metode yang menjamin kekonvergenen akar serta cepat dan stabil komputasinya (Rahman, Abdullah, & Ghani, 2017). Metode Brent telah dieksplorasi dalam penyelesaian masalah *break even point* (BEP) pada penelitian yang dilakukan oleh Sujaya, Prayitno, Kurniati, & Sridana (2024).

Metode Steffensen dan Brent merupakan metode numerik yang memiliki pengulangan yang banyak dalam algoritma, sehingga kedua metode ini cocok diterapkan menggunakan pemrograman komputer (Subarinah, 2022, hal. 8). Beberapa penelitian telah menggunakan pemrograman komputer untuk membantu proses perhitungan dalam menentukan akar fungsi. Penelitian tersebut antara lain Sunandar (2019) menggunakan bahasa pemrograman Java, Estuningsih & Rosita (2019) menggunakan Matlab, penelitian Sutrisno (2023) menggunakan C++ dan penelitian Sujaya, Prayitno, Kurniati, & Sridana (2024) menggunakan Pascal. Namun, belum banyak penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahasa *program hypertext preprocessor* (PHP). Bahasa

pemrograman PHP sangat mudah untuk dipelajari bahkan oleh orang awam sekalipun karena dapat dipelajari di mana saja (Dermawan *et al.*, 2022, hal. 100).

Pada penelitian ini, bahasa pemrograman PHP akan digunakan untuk mengimplementasikan metode Steffensen dan Brent dalam penyelesaian masalah *break even point* (BEP). Kedua metode tersebut akan dibandingkan berdasarkan galat dan jumlah iterasinya dengan bantuan pemrograman PHP. Oleh karena itu, berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Perbandingan Metode Steffensen dan Metode Brent dalam Penyelesaian Masalah *Break Even Point* Menggunakan Program *Hypertext Preprocessor* (PHP)”.

2. METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini adalah penelitian terapan yang menggunakan metode eksperimen, yaitu untuk membandingkan metode Steffensen Brent dalam penyelesaian masalah *break even point* (BEP) menggunakan *program hypertext preprocessor* (PHP) untuk mengetahui metode mana yang lebih efektif untuk digunakan dalam menyelesaikan masalah *break even point* (BEP) yang ditinjau dari galat dan jumlah iterasi yang dibutuhkan.

Berikut prosedur yang dilakukan pada penelitian ini.

1. Persiapan

Dalam melakukan penelitian ini, diperlukan beberapa persiapan dalam bentuk perangkat. Dari segi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

2. Pengembangan Program PHP

Program PHP akan dikembangkan menjadi website sederhana untuk membantu penyelesaian masalah BEP. Algoritma metode Steffensen dan Brent dijadikan sebagai landasan dalam pembuatan program PHP ini. Berikut ini algoritma metode Steffensen dan Brent.

a. Algoritma Metode Steffensen

Input: fungsi BEP, nilai tebakan awal x_0 dan nilai toleransi e

Output: hampiran akar x_{n+1} , galat dan jumlah iterasi

Langkah-Langkah:

- 1) Mendefinisikan fungsi f yang akan ditentukan akarnya
- 2) Menginput nilai tebakan awal x_0 sebagai tebakan awal akarnya
- 3) Menginput nilai toleransi e
- 4) Menghitung nilai $f(x_n)$, $f(x_n + f(x_n))$, dan $x_{n+1} = x_n - \frac{[f(x)]^2}{f(x_n + f(x_n)) - f(x_n)}$
- 5) Mengecek kondisi jika nilai $f(x_n + f(x_n)) = f(x_n)$, maka kembalikan nilai x_0 sebagai hampiran akar dengan tidak ada iterasi yang terjadi
- 6) Mengecek kondisi jika $|x_{n+1} - x_n| \leq e$, maka iterasi dihentikan dan mengembalikan nilai x_{n+1} sebagai hampiran akar

- 7) Jika kondisi pada langkah 6) tidak terpenuhi, maka iterasi akan terus dilanjutkan dan diulang hingga kondisi pada langkah 6) terpenuhi
- 8) Menghitung nilai galat dari hampiran akar fungsi BEP.

b. Algoritma Metode Brent

Input: batas bawah a , batas atas b , dan nilai toleransi e

Output: hampiran akar a atau b , galat, dan jumlah iterasi

Langkah-Langkah:

- 1) Mendefinisikan fungsi f yang akan ditentukan akarnya
- 2) Menginput batas bawah a dan batas atas b sebagai interval awal
- 3) Menginput nilai toleransi e
- 4) Menghitung nilai $f(a)$ dan $f(b)$
- 5) Jika nilai $f(a) = 0$, langsung kembalikan a sebagai hampiran akar tanpa melakukan iterasi, dan jika $f(b) = 0$ atau $|b - a| \leq e$, kembalikan b sebagai hampiran akar tanpa melakukan iterasi
- 6) Jika $f(a) \cdot f(b) > 0$, maka program berhenti
- 7) Jika $|f(a)| < |f(b)|$, maka nilai a dan b ditukar
- 8) $c = a$
- 9) Ulangi langkah-langkah berikut selama $f(b) \neq 0$ dan $|b - a| > e$
 - a) Jika $f(a) \neq f(c)$ dan $f(b) \neq f(c)$, maka tentukan nilai s menggunakan rumus interpolasi kuadrat invers berikut.

$$s = \frac{a \cdot f(b) \cdot f(c)}{[f(a) - f(b)][f(a) - f(c)]} + \frac{b \cdot f(a) \cdot f(c)}{[f(b) - f(a)][f(b) - f(c)]} + \frac{c \cdot f(a) \cdot f(b)}{[f(c) - f(a)][f(c) - f(b)]}$$

Jika tidak, tentukan nilai s menggunakan metode secant dengan rumus:

$$s = b - f(b) \frac{b - a}{f(b) - f(a)}$$

- b) Jika (s tidak berada di antara $\frac{3a+b}{4}$ dan b) atau ($|s - b| \geq \frac{|b-c|}{2}$) atau ($|s - b| \geq \frac{|c-d|}{2}$) atau ($|b - c| < |e|$) atau ($|c - d| < |e|$), maka hitung nilai s menggunakan rumus metode *bisection*:

$$s = \frac{a + b}{2}$$

- c) $d = c$
- d) $c = b$
- e) Menghitung nilai $f(s)$
- f) Jika $f(a) \cdot f(s) < 0$, maka $b = s$. Jika tidak, maka $a = s$
- g) Jika $|f(a)| < |f(b)|$, maka tukar nilai a dan b
- h) $i = i + 1$
- 10) Mengembalikan hampiran akar b , galat, dan jumlah iterasi i .

3. Pengujian Program

Pengujian program PHP dilakukan menggunakan fungsi-fungsi nonlinear yang diperoleh dari literatur. Berikut ini fungsi-fungsi yang dimaksud beserta hasilnya yang telah diperoleh dalam literatur tersebut pada Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi Nonlinear dan Hampiran Akarnya

Fungsi Nonlinear	Hampiran Akar	Sumber
$xe^{-x} + 1$	-0,5671433	(Rosidi, 2019)
$-4x + e^x$	0,35740	(Erviana et al., 2023)
$4 \sin(3x) - 2 \cos(2x) + 3$	3,22841	(Erviana et al., 2023)
$x^3 + 4x^2 - 10$	1,3652	(Melrosa & Rizal, 2023)
$x^4 - 2x^2 + x - 3$	1,5969	(Melrosa & Rizal, 2023)
$x + e^{-x} \cdot \cos x - 2$	2,0599	(Melrosa & Rizal, 2023)
$2e^x - 5x^2$	1,0916	(Melrosa & Rizal, 2023)
$x^2 - (x + 1) \cdot e^{-x}$	0,88253	(Melrosa & Rizal, 2023)
$\ln x - \sin x$	2,2191	(Melrosa & Rizal, 2023)
$x - e^{-x}$	0,56714	(Melrosa & Rizal, 2023)

Hasil *running program* dicocokkan dengan hasil yang ada pada literatur tersebut. Program dikatakan berhasil jika hasil *running program* mendekati atau sama dengan hasil yang ada pada literatur, baik secara eksak maupun hasil pembulatan.

4. Revisi Program

Program yang telah dijalankan akan diperiksa kembali. Jika masih terdapat kesalahan pada program, maka dilakukan perbaikan.

5. Analisis

Analisis dilakukan untuk menyelesaikan masalah BEP dan membandingkan efektivitas metode Steffensen dan Brent dalam menyelesaikan masalah BEP berdasarkan galat dan jumlah iterasinya. Galatnya dihitung menggunakan rumus $E = |f(x^*)|$, di mana x^* adalah hampiran akar dari fungsi BEP nonlinear, sedangkan perhitungan jumlah iterasi dilakukan dengan cara menghitung banyaknya proses dilakukan untuk memperoleh hampiran akar hingga kondisi pemberhentian iterasi tercapai.

6. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan tentang metode mana yang lebih efektif dalam penyelesaian masalah BEP menggunakan PHP.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah program berbasis PHP dan deskripsinya yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah BEP menggunakan metode Steffensen dan Brent serta mengetahui perbandingan kedua metode tersebut

berdasarkan galat dan jumlah iterasinya. Berdasarkan algoritmanya, algoritma metode Steffensen lebih sederhana daripada metode Brent yang memiliki algoritma yang lebih kompleks. Akan tetapi, metode Steffensen tidak menjamin kekonvergenan akar fungsi, sedangkan metode Brent menjamin kekonvergenan akar dalam interval tertentu. Dalam penelitian ini digunakan metode Steffensen dan Brent untuk menyelesaikan masalah BEP yang kasusnya sebagai berikut.

Diasumsikan seorang karyawan bernama X, sedang mempertimbangkan untuk membeli salah satu dari dua jenis laptop, yaitu Standar dan Smart. Perkiraan biaya dan manfaat dari masing-masing laptop disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 2. Biaya dan Keuntungan untuk Dua Laptop Pribadi

No.	Aspek	Laptop Standar	Laptop Smart
1	Biaya Pembelian (\$)	-9000	-14000
2	Bertambahnya Biaya Perawatan/Tahun (\$)	-2000	-1800
3	Keuntungan dan Kenikmatan/Tahun (\$)	+4500	+4000

Keterangan: Tanda negatif (-) merujuk pada kerugian dan tanda (+) merujuk pada keuntungan.

Jika karyawan X memiliki kesempatan untuk meminjam dana dengan tingkat bunga sebesar 10% ($i = 0,10$), maka diperlukan analisis untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan agar kedua kulkas tersebut memiliki nilai yang setara. Dengan kata lain, berapa lama waktu yang diperlukan untuk mencapai *break even point* (dinyatakan dalam satuan tahun)?

Agar dapat dianalisis, biaya perlu dinyatakan dalam bentuk yang dapat dibandingkan. Misalnya biaya pembelian awal dapat diubah menjadi sejumlah pembayaran tahunan dengan menggunakan rumus $A_p = P \frac{i(i+1)^x}{(i+1)^x - 1}$ dengan A_p adalah besarnya pembayaran tahunan, P adalah biaya pembelian awal, i adalah tingkat bunga, dan x adalah banyak tahun. Seiring berjalannya waktu akan timbul biaya perawatan yang dapat dimodelkan dengan deret hitung bertingkat (gradient), yaitu $A_m = G \left[\frac{1}{i} - \frac{x}{(i+1)^x - 1} \right]$ dengan A_m adalah biaya perawatan dan G adalah biaya pertambahan perawatan tahunan (Wisaksono, 2022, hal. 16 & 38). Dalam kasus ini, dana diperoleh dari pinjaman dengan tingkat bunga sebesar 10%. Berdasarkan informasi tersebut, total biaya untuk laptop Standar adalah $A_t = -9000 \frac{0,10(0,10+1)^x}{(0,10+1)^x - 1} - 2000 \left[\frac{1}{0,1} - \frac{x}{(0,1+1)^x - 1} \right] - 15500$, yang kemudian disederhanakan menjadi $A_t = \frac{2000x - 900(1,1)^x}{(1,1)^x - 1} - 15500$. Sementara itu, untuk laptop Smart total biayanya adalah $A_t = \frac{1800x - 1400(1,1)^x}{(1,1)^x - 1} - 14000$. Berdasarkan sudut pandang matematika, BEP merupakan nilai x sehingga $\frac{2000x - 900(1,1)^x}{(1,1)^x - 1} - 15500 = \frac{1800x - 1400(1,1)^x}{(1,1)^x - 1} - 14000$, yang

kemudian disederhanakan menjadi suatu fungsi $f(x) = \frac{-500(1,1)^x - 200x}{(1,1)^x - 1} + 1500$. Nilai BEP dari kasus tersebut adalah akar dari fungsi f , yaitu x^* sedemikian sehingga $f(x^*) = 0$.

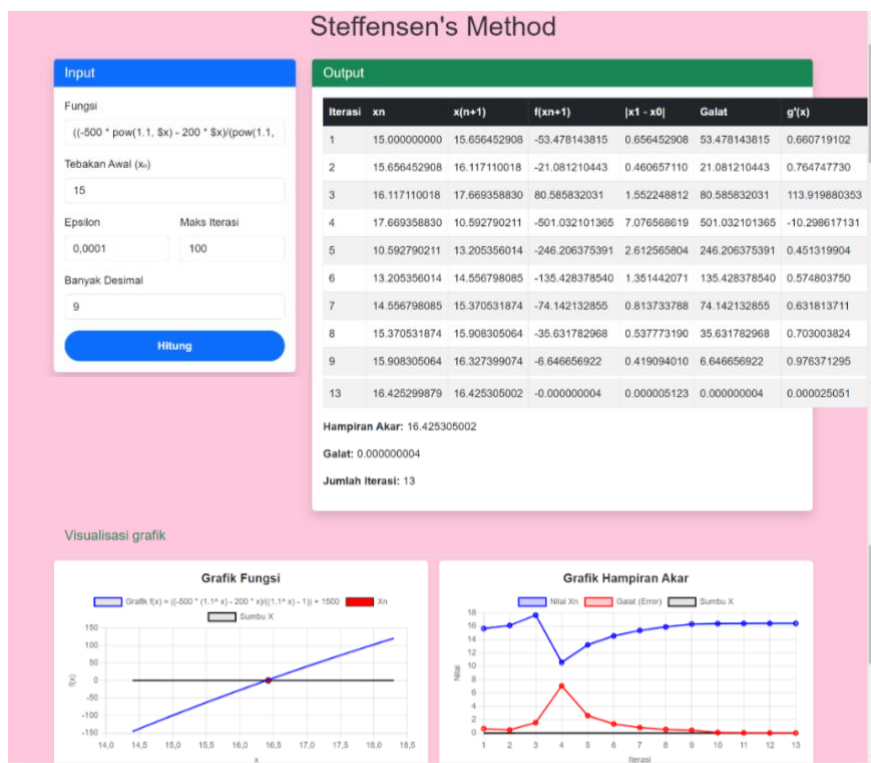
3.1 Hasil

Berdasarkan *flowchart* metode Steffensen dan Brent pada Gambar 1 dan 2, dikembangkan program PHP berbentuk website untuk menyelesaikan masalah BEP. Sebelum program PHP yang telah dikembangkan digunakan untuk menyelesaikan masalah BEP, dilakukan pengujian terlebih dahulu guna memastikan program tidak terdapat *error*. Sebanyak 10 fungsi nonlinear digunakan sebagai bahan pengujian program PHP, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Parameter *input* berupa nilai tebakan awal, nilai epsilon, dan banyak desimal disamakan dengan penelitian terdahulu agar hasil *running program* yang diperoleh sesuai dengan hasil yang terdapat pada Tabel 1. Berdasarkan data pada Tabel 3 di bawah, hasil *running program* menunjukkan kesesuaian yang tepat dengan hasil dari literatur untuk setiap fungsi nonlinear yang diuji. Dengan demikian, program PHP metode Steffensen dan Brent dinyatakan valid dan layak digunakan dalam penyelesaian masalah BEP.

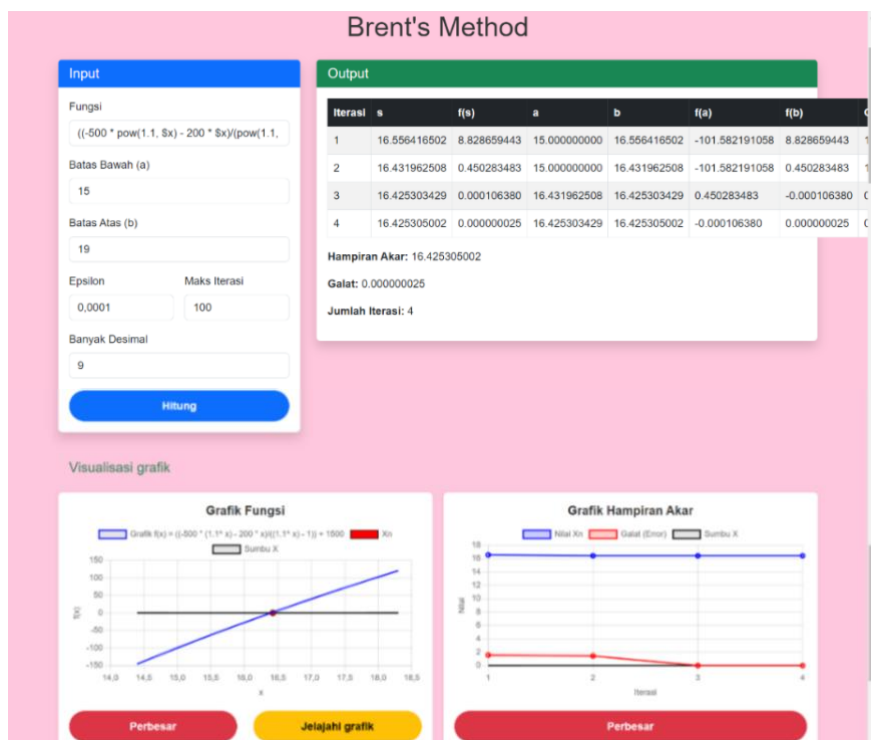
Tabel 3. Hasil Pengujian Program PHP Metode Steffensen dan Brent

Fungsi Nonlinear	Literatur	Hampiran Akar	
		Hasil <i>Running Program</i>	
		Steffensen	Brent
$xe^{-x} + 1$	-0,5671433	-0,5671433	-0,5671433
$-4x + e^x$	0,35740	0,35740	0,35740
$4 \sin(3x) - 2 \cos(2x) + 3$	3,22841	3,22841	3,22841
$x^3 + 4x^2 - 10$	1,3652	1,3652	1,3652
$x^4 - 2x^2 + x - 3$	1,5969	1,5969	1,5969
$x + e^{-x} \cdot \cos x - 2$	2,0599	2,0599	2,0599
$2e^x - 5x^2$	1,0916	1,0916	1,0917
$x^2 - (x + 1) \cdot e^{-x}$	0,88253	0,88253	0,88253
$\ln x - \sin x$	2,2191	2,2191	2,2191
$x - e^{-x}$	0,56714	0,56714	0,56714

Dilakukan analisis data nilai BEP kasus yang terdapat pada Tabel 2 menggunakan metode Steffensen dan Brent menggunakan program PHP yang sudah valid dengan nilai $e = 0,0001$. Digunakan sepuluh nilai tebakan awal yang berbeda-beda untuk memberikan gambaran yang lebih luas dan menyeluruh dalam membandingkan metode Steffensen dan Brent dalam menyelesaikan masalah BEP. Eksesuksi pertama program PHP metode Steffensen dan Brent dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Tampilan Halaman Website Metode Steffensen



Gambar 2. Tampilan Halaman Website Metode Brent

Selengkapnya, hasil perhitungan nilai BEP kasus pada Tabel 2 menggunakan program PHP dapat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Nilai BEP pada Tabel 2 Menggunakan Program PHP

No	Metode Steffensen					Metode Brent				
	x_0	Hampiran Akar	Galat	I	a	b	Hampiran Akar	Galat	I	
1	15	16,4253050 02	0,000000 004	13	15	19	16,4253050 02	0,000000 025	4	
2	14	16,4253050 02	0,000000 001	15	14	76	16,4253050 02	0,000000 001	4	
3	12	16,4253049 99	0,000000 221	11	12	54	16,4253050 02	0,000000 018	7	
4	11	16,4253049 91	0,000000 755	8	11	59	16,4253050 02	0,000000 035	7	
5	4	16,4253050 00	0,000000 160	9	4	28	16,4253050 06	0,000000 228	6	
6	6	16,4253050 02	0,000000 002	14	6	21	16,4253050 02	0,000000 002	5	
7	8	16,4253049 98	0,000000 238	10	8	33	16,4253050 04	0,000000 117	6	
8	18,3	16,4253050 02	0,000000 002	10	15,1	18,3	16,4253050 02	0,000000 006	4	
9	17,5	16,4253050 01	0,000000 053	15	16,2	17,5	16,4253050 02	0,000000 012	3	
10	16,3	16,4253049 98	0,000000 295	4	16,3	52	16,4253050 05	0,000000 191	10	

Untuk memudahkan dalam membandingkan galat metode Steffensen dan Brent pada Tabel 4, akan ditentukan nilai galat rata-rata dari kedua metode tersebut. Nilai galat rata-rata diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai galat pada masing-masing metode kemudian dibagi dengan banyak galatnya (10). Perbandingan nilai galat rata-rata yang diperoleh pada contoh kasus dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Galat Rata-Rata pada Contoh Kasus

Galat Rata-Rata	
Metode Steffensen	Metode Brent
$17,3 \times 10^{-8}$	$6,4 \times 10^{-8}$

Selain membandingkan nilai galat, peneliti juga membandingkan jumlah iterasi yang dibutuhkan oleh metode Steffensen dan Brent untuk menghitung nilai BEP. Jumlah iterasi dihitung dengan menjumlahkan banyak iterasi yang dibutuhkan oleh setiap tebakan awal yang digunakan oleh kedua metode pada contoh kasus tersebut. Semakin sedikit jumlah iterasi yang dibutuhkan, semakin efektif metodenya. Perbandingan

jumlah iterasi yang dibutuhkan metode Steffensen dan Brent dalam analisis BEP pada contoh kasus tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Jumlah Iterasi pada Contoh Kasus

No.	Banyak Iterasi			
	<i>a</i>	<i>b</i>	Steffensen	Brent
1	15	19	13	4
2	14	76	15	4
3	12	54	11	7
4	11	59	8	7
5	4	28	9	6
6	6	21	14	5
7	8	33	10	6
8	15,1	18,3	10	4
9	16,2	17,5	15	3
10	16,3	52	4	10
Jumlah Iterasi			109	56

Keterangan: Kolom *a* merupakan nilai batas bawah dan kolom *b* merupakan nilai batas atas untuk metode Brent. Nilai-nilai yang diberi warna *orange* pada kolom *a* dan *b* adalah nilai tebakan awal (x_0) dari metode Steffensen.

3.2 Pembahasan

Proses perhitungan nilai BEP dilakukan menggunakan program PHP yang telah valid untuk mempermudah proses perhitungan. Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa hampiran akar yang diperoleh pada contoh kasus, baik menggunakan metode Steffensen maupun Brent adalah $x^* = 16,425305$. Nilai $x^* = 16,425305$ diperoleh dari membulatkan setiap hampiran akar yang diperoleh dari hasil eksekusi program menjadi 6 angka desimal. Artinya, karyawan X harus memiliki laptop Standar dan Smart selama 16,425305 tahun agar nilainya menjadi setara. Dengan kata lain, waktu yang diperlukan untuk mencapai *break even point* adalah 16,425305 tahun.

Metode yang memiliki nilai galat rata-rata yang lebih kecil dianggap lebih efektif. Nilai galat rata-rata metode Steffensen dan Brent pada contoh kasus dapat dilihat pada Tabel 5. Pada Tabel 5, nilai galat rata-rata metode Steffensen adalah 0,000000173 atau $17,3 \times 10^{-8}$ dan nilai galat rata-rata metode Brent adalah 0,000000064 atau $6,4 \times 10^{-8}$. Karena $6,4 \times 10^{-8} < 17,3 \times 10^{-8}$, maka nilai galat rata-rata metode Brent lebih kecil daripada nilai galat rata-rata metode Steffensen. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode Brent lebih efektif daripada metode Steffensen dalam penyelesaian masalah BEP berdasarkan indikator galat. Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Sujaya, Prayitno, Kurniati, & Sridana (2024) yang menyatakan bahwa metode Brent lebih efektif daripada metode Bagi Dua, Regula Falsi, dan Secant berdasarkan galatnya.

Hal ini berarti bahwa metode Brent tidak hanya lebih efektif daripada metode Steffensen, tetapi juga lebih efektif dari metode Bagi Dua, Regula Falsi, dan Secant berdasarkan galatnya.

Sementara itu, untuk mengetahui perbandingan metode Steffensen dan Brent dalam analisis BEP dari berdasarkan jumlah iterasinya, banyak iterasi yang diperoleh dari hasil eksekusi program PHP metode Steffensen dan Brent pada contoh kasus dijumlahkan. Metode yang memiliki jumlah iterasi yang lebih sedikit dianggap lebih efektif. Jumlah iterasi yang dibutuhkan metode Steffensen dan Brent pada contoh kasus dapat dilihat pada Tabel 6. Pada Tabel 6, jumlah iterasi yang dibutuhkan metode Steffensen untuk memperoleh nilai BEP adalah sebanyak 109 iterasi, sedangkan metode Brent membutuhkan sebanyak 56 iterasi. Karena $56 < 109$, maka jumlah iterasi yang dibutuhkan metode Brent untuk memperoleh nilai BEP lebih sedikit daripada metode Steffensen. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode Brent lebih efektif daripada metode Steffensen dalam penyelesaian masalah BEP berdasarkan indikator jumlah iterasi. Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Sujaya, Prayitno, Kurniati, & Sridana (2024) yang menyatakan bahwa metode Brent lebih efektif daripada metode Bagi Dua, Regula Falsi, dan Secant berdasarkan jumlah iterasinya. Hal ini berarti bahwa metode Brent tidak hanya lebih efektif daripada metode Steffensen berdasarkan jumlah iterasinya, tetapi juga lebih efektif dari metode Bagi Dua, Regula Falsi, dan Secant.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP yang didukung oleh HTML, JavaScript, CSS, dan Bootstrap telah berhasil dibuat aplikasi website untuk menyelesaikan masalah *Break Even Point* (BEP) menggunakan metode Steffensen dan Brent yang dapat diakses melalui tautan <https://lpptp.fkip.unram.ac.id/smhs/e1r021001/index.php>. Selain itu, metode Brent lebih efektif daripada metode Steffensen berdasarkan galat dan jumlah iterasinya. Dari galatnya, metode Steffensen menghasilkan galat $E = 17,3 \times 10^{-8}$, sedangkan metode Brent menghasilkan galat $E = 6,4 \times 10^{-8}$. Dari jumlah iterasinya, metode Steffensen membutuhkan 109 iterasi, sedangkan metode Brent membutuhkan 56 iterasi.

5. REKOMENDASI

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka diajukan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya, yaitu menggunakan metode numerik pencarian akar lain, seperti metode Ridder dan menggunakan bahasa pemrograman lain, seperti rian akar lain, seperti metode Ridder dan menggunakan bahasa pemrograman lain, seperti *Phyton*. Sementara itu, hambatan yang dapat mempengaruhi hasil penelitian ini adalah ketergantungan pada nilai tebakan awal pada metode Steffensen dan Brent yang dapat menghambat konvergensi jika tidak dipilih dengan tepat.

6. REFERENSI

- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2015). *Numerical method for engineers* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Education Press.
- Dermawan, D. A., Mashuri, C., Permadi, G. S., Gunawan, D. A., Widiasih, D. (2022). *Membuat game berbasis website menggunakan bahasa javascript dan php*. Tasikmalaya: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia Press.
- 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/10.23969/jp.v8i3.10964>
- Eskandari, H. (2022). Hybrid steffensen's method for solving nonlinear equation. *Applied Mathematics*, 13(9), 745-752. <https://doi.org/10.4236/am.2022.139046>
- Estuningsih, R. D., & Rosita, T. (2019). Perbandingan metode biseksi dan metode newton-raphson dalam penyelesaian persamaan non linear. *Jurnal Warta Akab*, 43(2), 21-23. <https://doi.org/10.55075/wa.v43i2.125>
- Hasdiana, S., & Khalid, I. (2020). Analisis titik impas sebagai alat perencanaan laba pada pt. semen indonesia tbk. yang terdaftar di bursa efek indonesia (bei). *Jurnal Semarak*, 3(3), 153-167. <https://doi.org/10.32493/smk.v3i3.7402>
- Maharani, S., & Suprpto, E. (2018). *Analisis numerik berbasis group investigation untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis*. Magetan: AE Media Grafika Press.
- Melrosa, F., & Rizal, Y. (2023). Perbandingan metode regula falsi dan metode ridder dalam menentukan akar persamaan non linear. *Journal of Mathematics UNP*, 8(4), 120-125. <https://doi.org/10.24036/unpjomath.v8i4.14931>
- Natsir, K. (2016). Implementasi teknik bisection untuk penyelesaian masalah nonlinear break even point, *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika* (pp. 59-64). Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rahman, N. A., Abdullah, L., & Ghani, A. T. A. (2017). Modified brent's method for solving interval type-2 fuzzy polynomials. *Far East Journal of Mathematical Science*, 102(6), 1099-1113. <https://doi.org/10.17654/MS102061099>
- Rosidi, M. (2019). *Metode numerik menggunakan r untuk teknik lingkungan*. Bandung: Piktochart Press.
- Subarinah, S. (2022). *Metode numerik*. Mataram: FKIP Universitas Mataram Press.
- Sujaya, K. A., Prayitno, S., Kurniati, N., & Sridana, N. (2024). Efektivitas metode brent dalam penyelesaian masalah break even point menggunakan pemrograman pascal. *Mandalika Mathematics and Education Journal*, 6(1), 120-130. <https://doi.org/10.29303/jm.v6i1.6923>
- Sunandar, E. (2019). Penyelesaian sistem persamaan non-linier dengan metode bisection & metode regula falsi menggunakan bahasa program java. *PETIR*, 12(2), 179-186. <https://doi.org/10.33322/v12i2.490>
- Sutrisno, T. (2023). Aplikasi penyelesaian numerik pencarian akar persamaan non-linier dan penerapannya dalam menyelesaikan analisis break even point. *Journal of Computer Science and Information Systems*, 7(1), 37-49. <https://doi.org/10.24912/computatio.v7i1.23438>
- Wisaksono, A. (2022). *Buku ajar mata kuliah pengantar manajemen ekonomi teknik*. Sidoarjo: UMSEDA Press.