Mandalika Mathematics and Education Journal
Volume 6 Nomor 1, Juni 2024
e-ISSN 2715-1190||p-ISSN 2715-8292
DOI: http://dx.doi.org/10.29303/jm.v6i1.6923

Efektivitas metode Brent dalam penyelesaian masalah *Break Even Point* menggunakan pemrograman Pascal

Ketut Ary Sujaya[1*], Sudi Prayitno[2], Nani Kurniati[2], Nyoman Sridana[2]

[1] *Mahasiswa Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Mataram*
[2] *Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Mataram*

ketutarysujaya@gmail.com

Abstract
The non-linear mathematical model of the break even point (BEP) problem is difficult to solve analytically to obtain an exact solution, so the alternative is to solve it numerically. This research aims to solve the BEP problem and measure the effectiveness of Brent's method compared to other solution methods based on error and number of iterations. This research is an applied type whose implementation procedures include preparation, implementation, program testing, program revision, analysis, and conclusion. The errors of Brent's, secant, false position, and bisection methods in solving the BEP problem are 0.00118; 0.00893; 0.64485; and 0.89119, respectively. While the number of iterations from several checks are 52, 53, 91, and 101, respectively. Therefore, it can be concluded that the Brent's method is more effective than the other three methods.

Keywords: *Break Even Point*, *Brent's Method*, *Pascal Programming Language*, *Effectiveness*

Abstrak
Model matematika tidak linier dari masalah *break even point* (BEP) sulit dipecahkan secara analitik untuk mendapatkan solusi eksak, sehingga alternatifnya dipecahkan secara numerik. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelesaikan masalah BEP dan mengukur efektivitas metode Brent dibandingkan metode penyelesaian lainnya berdasarkan galat dan jumlah iterasi. Penelitian ini berjenis terapan yang prosedur pelaksanaannya meliputi persiapan, implementasi, uji program, revisi program, analisis, dan kesimpulan. Galat dari metode Brent, secant, posisi palsu, dan bagi dua dalam penyelesaian masalah BEP secara berturut-turut adalah 0,00118; 0,00893; 0,64485; dan 0,89119. Sedangkan jumlah iterasinya dari beberapa kali pemeriksaan secara berturut-turut adalah 52, 53, 91, dan 101. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode Brent lebih efektif dibandingkan ketiga metode lainnya.

Kata Kunci: *Break Even Point*, *Metode Brent*, *Bahasa Pemrograman Pascal*, *Efektivitas*

1. PENDAHULUAN

Permasalahan yang berhubungan dengan model matematika sering muncul di berbagai disiplin ilmu, seperti fisika, kimia, ekonomi, dan teknik (Maharani & Suprapto, 2018). Salah satunya adalah *break even point* (BEP). Hal ini sangat penting bagi manajemen dalam pengambilan keputusan untuk memahami hubungan antara biaya, volume, dan keuntungan (Sutrisno, 2023).

Model matematika yang digunakan pada masalah BEP bisa sederhana (linier) atau lebih kompleks (tidak linier atau nonlinier). Model nonlinier sulit dipecahkan dengan metode analitik untuk mendapatkan solusi eksak, sehingga metode numerik menjadi alternatif. Meskipun solusi numerik selalu menghasilkan galat karena bergantung pada konsep estimasi, tetapi tingkat kesalahannya dapat diatur sangat kecil dalam komputasinya (Natsir, 2016). Pada penelitian ini, solusinya akan diperoleh dari menyelesaikan persamaan $f(x) = 0$, di mana f adalah fungsi BEP nonlinier berdasarkan contoh kasus yang sama dengan penelitian Ismuniyarto (2016). Nilai x yang memenuhi persamaan tersebut dinamakan akar atau titik nol fungsi (Subarinah, 2022). Karena prosedur penyelesaian masalah BEP-nya melibatkan fungsi nonlinier, akan terlalu kompleks jika diproses secara manual (Tulandi, 2020). Maka dari itu, digunakan metode hampiran untuk mencari akar fungsinya. Metode hampiran yang paling tepat untuk digunakan adalah metode iterasi. Metode tersebut cocok untuk komputer karena melibatkan perulangan suatu proses komputasi $f(x)$ (Subarinah, 2022).

Metode iterasi dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yakni metode tertutup, terbuka, dan *hybrid*. Metode tertutup melibatkan dua nilai pembatas a dan b, sehingga membentuk suatu interval $[a, b]$ yang selanjutnya diproses untuk mencari akar fungsi di dalam interval tersebut. Sebaliknya, metode terbuka memerlukan nilai awal yang diperoleh dari perkiraan apakah itu akar yang memenuhi syarat $f(x) = 0$ (Hidayati et al., 2022). Metode *hybrid* dikembangkan oleh para peneliti dari berbagai metode klasik yang berjenis tertutup dan terbuka, berdasarkan kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Metode ini identik dengan menggabungkan kecepatan dan konvergensi (Vivas-Cortez et al., 2023). Pada penelitian ini, akan digunakan metode Brent yang merupakan salah satu metode berjenis *hybrid*, untuk menyelesaikan masalah BEP. Metode ini dikembangkan dari penggabungan metode bagi dua, secant, dan interpolasi kuadrat terbalik atau *inverse quadratic interpolation* (IQI) (Batarius, 2021).

Penelitian Ismuniyarto (2016) telah memeriksa metode tertutup (metode bagi dua dan posisi palsu) dan terbuka (metode secant) dalam penyelesaian masalah BEP. Metode-metode tersebut memiliki keunggulan dan kelemahannya tersendiri, seperti metode bagi dua yang menawarkan pendekatan sederhana dan dapat diandalkan, tetapi proses konvergensinya cenderung lambat. Di sisi lain, metode posisi palsu memiliki konvergensi yang lebih cepat secara umum dibandingkan dengan metode bagi dua (Subarinah, 2022). Akan tetapi, metode posisi palsu masih kalah cepat dengan secant seperti yang ditunjukkan dalam penelitian Sutrisno (2023). Namun, metode terbuka (termasuk metode secant) terkadang tidak dapat konvergen saat proses komputasi berlangsung (Chapra & Canale, 2015).

Metode Brent belum dieksplorasi dalam penyelesaian masalah BEP pada penelitian Ismuniyarto (2016). Menurut Batarius (2021), metode ini diakui sebagai metode yang *powerful* dengan jangkauan yang luas untuk menyelesaikan masalah pencarian akar persamaan yang sulit. Maka dari itu, penelitian ini akan menggunakan metode Brent sebagai metode alternatif penyelesaian masalah BEP untuk dibandingkan keefektifannya terhadap ketiga metode yang telah diteliti sebelumnya.

Program komputer untuk implementasi algoritma metode iterasi, membantu dalam hal kecepatan dan ketepatan perhitungan numerik yang melibatkan suatu proses perulangan. Beberapa penelitian telah menggunakan bantuan program komputer dalam perhitungannya, khususnya dalam menyelesaikan masalah pencarian akar. Penelitian tersebut antara lain Sunandar (2019) dengan bahasa pemrograman Java dan Estuningsih dan Rosita (2019) dengan Matlab. Namun, belum banyak penelitian yang relevan dan terdahulu, yang menggunakan Pascal. Menurut Hartono et al. (2014), Pascal adalah bahasa pemrograman yang umum digunakan di universitas untuk mempelajari struktur pemrograman dan logika sebab terbilang mudah dipelajari bagi orang awam, tidak ada persyaratan khusus untuk mempelajarinya, dan bahasa yang terstruktur serta prosedural.

Bahasa pemrograman Pascal digunakan untuk mengimplementasikan metode Brent dalam penyelesaian masalah BEP pada penelitian ini. Agar efektivitas metode tersebut dapat diketahui, indikator efektivitas (ditinjau dari galat dan jumlah iterasi yang dibutuhkannya) diperlukan dalam penyelesaian masalah BEP menggunakan pemrograman Pascal. Menurut Underwood (dalam Herfina et al., 2019), galat merupakan selisih antara nilai eksak dengan nilai absolut. Hasil perhitungan numerik dianggap baik jika galatnya sangat kecil (Trisilowati et al., 2021). Algoritma yang mangkus dianggap sebagai algoritma yang efektif (Herfina, 2019). Algoritma yang memiliki jumlah iterasi yang sedikit umumnya dianggap lebih mangkus dibandingkan dengan algoritma yang memiliki jumlah iterasi yang banyak (Munir, 2015). Dari galat dan jumlah iterasi yang telah diketahui, selanjutnya dibandingkan dengan metode lainnya yang telah diteliti oleh Ismuniyarto (2016). Oleh sebab itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul "Efektivitas Metode Brent dalam Penyelesaian Masalah *Break Even Point* Menggunakan Pemrograman Pascal" berdasarkan permasalahan di atas. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelesaikan masalah BEP dan mengukur efektivitas metode Brent dibandingkan metode penyelesaian lainnya berdasarkan galat dan jumlah iterasi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian berjenis terapan dengan metode eksperimen, yakni untuk menyelesaikan masalah BEP dan mengetahui keefektifan metode Brent dalam program Pascal dibandingkan dengan metode yang digunakan dalam penelitian Ismuniyarto (2016).

Berikut algoritma yang digunakan pada penelitian ini.

Masukkan: batas bawah a, batas atas b, dan nilai toleransi e
Luaran: hampiran akar a atau b dan jumlah iterasi i
Langkah-langkah:

a. Mendefinisikan fungsi f dari contoh kasus BEP berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ismuniyarto (2016).
b. Memasukkan batas bawah a dan batas atas b sebagai interval awalnya.
c. Memasukkan nilai toleransi e.
d. Menghitung $f(a)$ dan $f(b)$.
e. Mengecek kondisi jika $f(a) = 0$ atau $f(b) = 0$ atau $|b - a| \leq e$, maka kembalikan hampiran akar dengan tidak ada iterasi yang terjadi.
f. Mengecek kondisi jika $f(a) \cdot f(b) > 0$, program berhenti. Jika tidak, program dilanjutkan.
g. Menentukan hampiran akar menggunakan algoritma metode Brent dan menghitung jumlah iterasi yang dibutuhkan. Diulang sampai kondisi penghentian iterasi tercapai.
h. Mensubstitusikan hampiran akar yang diperoleh ke f untuk menghitung galatnya.
i. Membandingkan metode Brent dengan metode yang digunakan Ismuniyarto (2016) untuk mengetahui keefektifannya berdasarkan galat dan jumlah iterasinya.

Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini.

a. Persiapan

   Penelitian dimulai dengan mengevaluasi literatur yang tersedia. Tujuannya adalah untuk mengumpulkan informasi yang relevan mengenai BEP, metode Brent, dan bahasa pemrograman Pascal.

b. Implementasi Metode Menggunakan Pascal

   Metode Brent diimplementasikan dalam program komputer menggunakan bahasa pemrograman Pascal. Kondisi awal yang dimasukkan pada metode tersebut sama dengan kondisi awal yang dimasukkan pada metode yang diteliti oleh Ismuniyarto (2016), yakni batas bawah a, batas atas b, dan nilai toleransi e, sehingga dapat dihasilkan sebuah program utuh yang bisa digunakan untuk menyelesaikan masalah BEP.

c. Uji Program

   Program diuji dengan menggunakan fungsi nonlinier yang berasal dari literatur yang diperoleh. Berikut ini fungsi-fungsi yang dimaksud beserta hasilnya yang telah diperoleh dalam literatur tersebut pada Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi Nonlinier dan Hampiran Akarnya

Fungsi Nonlinier	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)

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

d. Revisi Program

Program yang sudah dijalankan, diperiksa kembali. Jika masih terjadi kesalahan (*error*), dilakukan perbaikan.

e. Analisis

Analisis dilakukan untuk menyelesaikan masalah BEP dan mengukur efektivitas metode Brent dibandingkan metode penyelesaian lainnya berdasarkan galat dan jumlah iterasi yang dibutuhkan. Galatnya dihitung menggunakan rumus $\epsilon_A = |f(x')|$ di mana x' adalah hampiran akar dari fungsi BEP, sedangkan jumlah iterasinya dihitung berdasarkan total banyaknya perulangan proses yang dilakukan untuk memperoleh hampiran akar tersebut sampai kondisi penghentian iterasi tercapai dari beberapa kali pemeriksaan

f. Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan tentang penyelesaian masalah BEP dan seberapa efektif metode Brent dibandingkan metode yang digunakan Ismuniyarto (2016).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah BEP dan mengetahui efektivitas metode Brent dibandingkan metode penyelesaian lainnya. Dalam penelitian ini, digunakan metode Brent untuk menyelesaikan masalah BEP yang kasusnya sebagai berikut.

Tabel 2. Biaya dan Keuntungan untuk Dua Komputer Pribadi

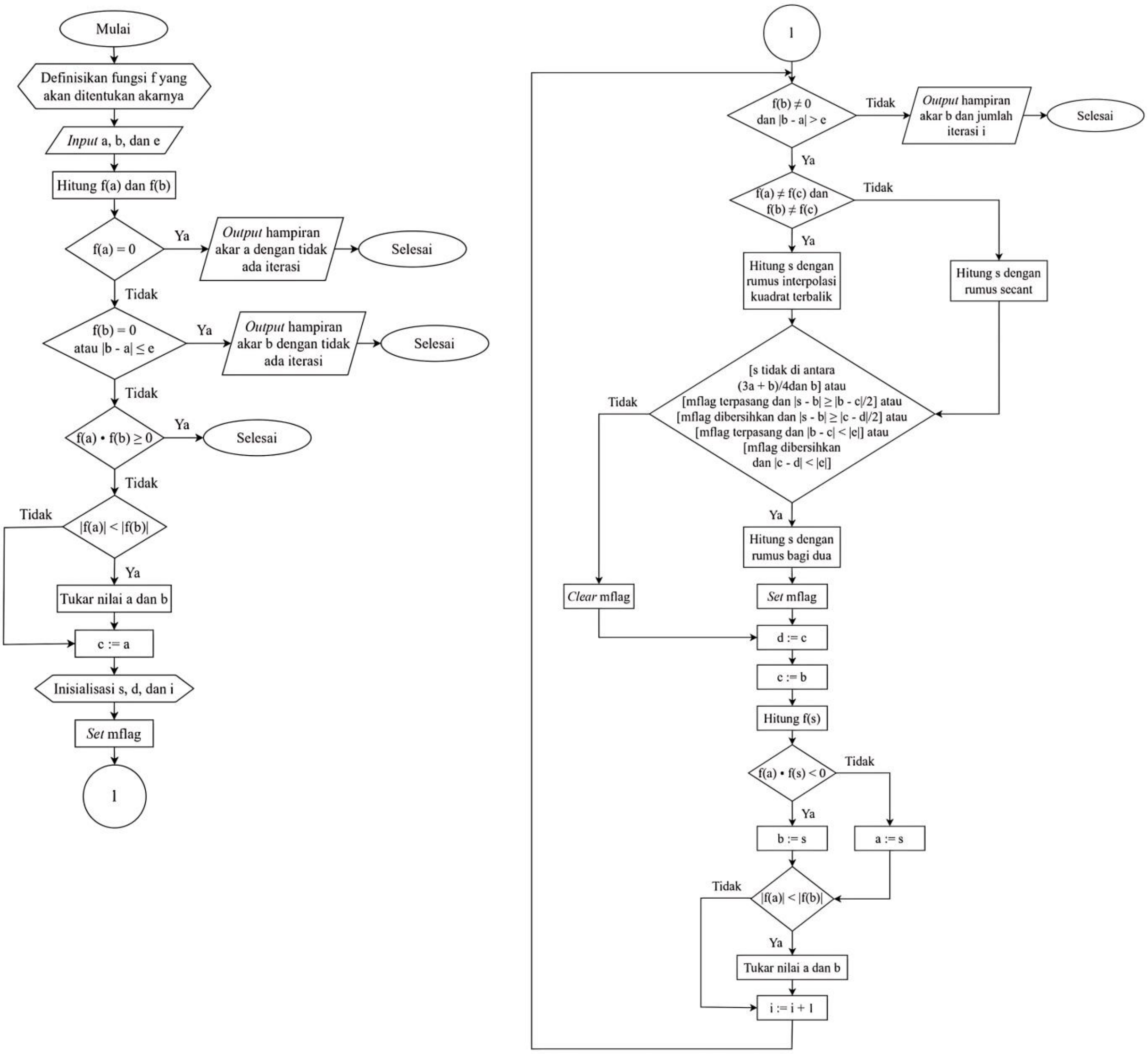
No.	Aspek	Komputer Pentium	Komputer AMD
1.	Biaya Pembelian ($)	–3000	–10000
2.	Bertambahnya Biaya Perawatan/Tahun ($)	–200	–50
3.	Keuntungan dan Kenikmatan Tahunan/Tahun ($)	+1000	+4000

Tanda negatif (–) menunjukkan biaya atau kerugian, sedangkan tanda positif (+) menunjukkan keuntungan.

Diasumsikan seorang karyawan bernama X sedang mempertimbangkan pembelian salah satu dari dua komputer pribadi, yakni Pentium dan AMD. Perkiraan biaya dan keuntungan untuk masing-masing komputer tercantum dalam Tabel 2. Jika saat ini karyawan X dapat meminjam dana dengan tingkat bunga 20%, berapa lama karyawan tersebut harus memiliki komputer-komputer tersebut agar nilainya menjadi setara? Dengan kata lain, berapa lama *break even point* dapat tercapai (diukur dalam tahun)?

Agar dapat dipertimbangkan, maka biaya harus diubah ke ukuran yang dapat dibandingkan. Misalnya, biaya pembelian awal dapat ditransformasi menjadi serangkaian pembayaran tahunan dengan rumus $A_p = P\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$ dengan A_p besarnya pembayaran tahunan, P biaya pembelian, i tingkat bunga, dan n banyaknya tahun. Selanjutnya, seiring berjalannya waktu, dibutuhkan biaya perawatan yang dapat dihitung dengan deret hitung gradient, yaitu $A_m = G\left[\frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n-1}\right]$ dengan A_m biaya pemeliharaan dan G biaya pertambahan perawatan. Dalam hal ini, dana yang digunakan merupakan pinjaman dengan bunga 20% sedemikian sehingga diperoleh harga total untuk komputer Pentium adalah $A_t = -3000\frac{0{,}2(1+0{,}2)^n}{(1+0{,}2)^n-1} - 200\left[\frac{1}{0{,}2} - \frac{n}{(1+0{,}2)^n-1}\right] + 1000$. Selanjutnya, dapat disederhanakan menjadi $A_t = \frac{-600(1{,}2)^n}{1{,}2^n-1} + \frac{200n}{1{,}2^n-1}$ dan untuk komputer AMD $A_t = \frac{-2000(1{,}2)^n}{(1{,}2)^n-1} + \frac{50n}{1{,}2^n-1} + 3750$. Kemudian, diperoleh kesamaan $\frac{-600(1{,}2)^n}{1{,}2^n+1} + \frac{200n}{1{,}2^n-1} = \frac{-2000(1{,}2)^n}{(1{,}2)^n-1} + \frac{50n}{1{,}2^n-1} + 3750$. Lebih lanjut disederhanakan menjadi satu ruas persamaan sebagai masalah pencarian akar dari $f(n) = \frac{-1400(1{,}2)^n}{1{,}2^n-1} - \frac{150n}{1{,}2^n-1} + 3750$. Solusi dari kasus tersebut adalah akar dari f, yakni x' sedemikian sehingga $f(x') = 0$.

Berikut ini *flowchart* dari algoritma metode Brent.



Gambar 1. *Flowchart* Algoritma Metode Brent

Berdasarkan *flowchart* tersebut, dibuat program metode Brent untuk menyelesaikan masalah BEP menggunakan pemrograman Pascal.

Sebelum program metode Brent digunakan untuk menyelesaikan masalah BEP, dilakukan pengujian untuk memastikan tidak ada *error* yang terjadi. Dari Tabel 1, sebanyak 9 fungsi nonlinier digunakan sebagai penguji program. *Input* a, b, dan e yang digunakan sama dengan penelitian sebelumnya agar hasil *running program* yang diperoleh sesuai dengan kondisi awal yang sebenarnya. Berdasarkan Tabel 3, didapatkan hasil *running program* sama dengan hasil di literatur secara eksak pada setiap fungsi nonlinier yang diuji. Oleh karena itu, program metode Brent dinyatakan berhasil dan dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah BEP.

Tabel 3. Hasil Uji Program Metode Brent

Fungsi Nonlinier $f(x)$	**Hampiran Akar x**	
	Hasil di Literatur	**Hasil *Running Program***
$xe^{-x} + 1$	–0,5671433	–0,5671433
$-4x + e^x$	0,35740	0,35740
$4\sin(3x) - 2\cos(2x) + 3$	3,22841	3,22841
$x^3 + 4x^2 - 10$	1,3652	1,3652
$x^4 - 2x^2 + x - 3$	1,5969	1,5969
$x + e^{-x} \cdot \cos x - 2$	2,0599	2,0599
$2e^x - 5x^2$	1,0916	1,0916
$x^2 - (x+1) \cdot e^{-x}$	0,88253	0,88253
$\ln x - \sin x$	2,2191	2,2191

Setelah uji program dilakukan, program Pascal hasil implementasi metode Brent digunakan untuk menyelesaikan kasus BEP pada Tabel 2. Kasus tersebut direduksi menjadi masalah pencarian akar dari f. Dengan $a = 1$, $b = 100$, dan $e = 0{,}00001$, program dieksekusi dan diperoleh hampiran akar dari f adalah $x' = 3{,}22967$ pada iterasi ke-10. Artinya, menjawab kasus BEP pada Tabel 2 bahwa karyawan X harus memiliki atau menyimpan komputer Pentium dan AMD selama 3,22967 tahun agar nilainya menjadi setara. Dengan kata lain, BEP terjadi pada saat 3,22967 tahun.

Penelitian Ismuniyarto (2016) telah menyelesaikan kasus BEP yang sama dengan penelitian ini, menggunakan metode bagi dua, posisi palsu, dan secant. Ketiga metode tersebut menggunakan nilai *input* (a, b, dan e) yang sama, tetapi menghasilkan nilai *output* (hampiran akar dan jumlah iterasi) yang relatif berbeda. Oleh karena itu, untuk mengukur efektivitasnya, program metode Brent dieksekusi dengan menyesuaikan fungsi dan *input*-nya, sehingga *output* yang dihasilkan dapat dibandingkan dengan *output* dari penelitian Ismuniyarto (2016).

Eksekusi bagian pertama dari program metode Brent dilakukan untuk membandingkan galat antara metode Brent dengan metode bagi dua, posisi palsu, dan secant pada penelitian Ismuniyarto (2016). Kasus BEP yang diselesaikan dan *input* yang digunakan adalah sama pada setiap metode.

Tabel 4. Perbandingan Galat antara Metode Brent dengan Metode yang Digunakan pada Penelitian Ismuniyarto (2016)

Indikator	**Penelitian Ismuniyarto (2016)**			**Brent**
	Bagi Dua	**Posisi Palsu**	**Secant**	
Hampiran Akar x'	3,22852	3,23050	3,22968	3,22967
Galat $\lvert f(x') \rvert$	0,89119	0,64485	0,00893	0,00118

Dari Tabel 4, dengan batas bawah $a = 2$ dan batas atas $b = 10$ serta nilai toleransi $e = 0{,}001$, diperoleh hampiran akar dari metode Brent adalah $x' = 3{,}22967$, sehingga galat yang dihasilkan adalah $\epsilon_A = |f(x')| = 0{,}00118$. Nilai galat tersebut lebih kecil daripada metode secant yang galatnya $\epsilon_A = 0{,}00893$, (dari hampiran akarnya $x' = 3{,}22968$), metode posisi palsu yang galatnya $\epsilon_A = 0{,}64485$ (dari hampiran akarnya $x' = 3{,}23050$), dan metode bagi dua yang galatnya $\epsilon_A = 0{,}89119$ (dari hampiran akarnya $x' = 3{,}22852$). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode Brent lebih efektif dalam penyelesaian masalah BEP daripada ketiga metode yang digunakan Ismuniyarto (2016) berdasarkan indikator galat.

```
Nama: Ketut Ary Sujaya
NIM: E1R020058

PROGRAM PENCARIAN AKAR

Fungsi: f(x) = (-1400(1.2)^x)/(1.2^x - 1) - (150x)/(1.2^x - 1) + 3750
Metode pencarian akar: Brent

Masukkan batas bawah interval: 2
Masukkan batas atas interval: 10
Masukkan nilai toleransi: 0.001
Masukkan banyaknya digit di belakang koma: 5

i = 1 // s = 5.66381 // a = 2.00000 // b = 5.66381 //
f(a) = -1513.63636 // f(b) = 1106.08067 // |b - a| = 3.66381
-----------------------------------------------------------------
i = 2 // s = 4.11690 // a = 2.00000 // b = 4.11690 //
f(a) = -1513.63636 // f(b) = 545.84113 // |b - a| = 2.11690
-----------------------------------------------------------------
i = 3 // s = 3.00920 // a = 4.11690 // b = 3.00920 //
f(a) = 545.84113 // f(b) = -183.01299 // |b - a| = 1.10770
-----------------------------------------------------------------
i = 4 // s = 3.28734 // a = 3.00920 // b = 3.28734 //
f(a) = -183.01299 // f(b) = 43.98246 // |b - a| = 0.27814
-----------------------------------------------------------------
i = 5 // s = 3.23345 // a = 3.00920 // b = 3.23345 //
f(a) = -183.01299 // f(b) = 2.92655 // |b - a| = 0.22425
-----------------------------------------------------------------
i = 6 // s = 3.22966 // a = 3.23345 // b = 3.22966 //
f(a) = 2.92655 // f(b) = -0.00317 // |b - a| = 0.00378
-----------------------------------------------------------------
i = 7 // s = 3.22967 // a = 3.22966 // b = 3.22967 //
f(a) = -0.00317 // f(b) = 0.00000 // |b - a| = 0.00000
-----------------------------------------------------------------
Akarnya adalah 3.22967
Jumlah iterasinya adalah 7
```

Gambar 2. Eksekusi Bagian Pertama Program Metode Brent

Eksekusi bagian kedua dari program metode Brent dilakukan untuk membandingkan jumlah iterasi antara metode Brent dengan metode bagi dua, posisi palsu, dan secant pada penelitian Ismuniyarto (2016). Kasus BEP yang diselesaikan dan *input* yang digunakan adalah sama pada setiap metode. Jumlah iterasi setiap metode dihitung berdasarkan total dari banyaknya iterasi pada masing-masing 9 kali pemeriksaan. Setiap pemeriksaan menggunakan pasangan nilai a dan b yang berbeda, tetapi nilai toleransinya tetap sama, yakni $e = 0{,}001$. Dari Tabel 5, terlihat bahwa metode Brent membutuhkan jumlah iterasi yang paling sedikit untuk memperoleh hampiran akar dari f dalam semua pemeriksaan, yakni 52 kali iterasi. Setelah itu, metode secant mengikuti dengan 53 kali iterasi, diikuti metode posisi palsu dengan 91 kali iterasi, dan metode bagi dua dengan 101 kali iterasi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode Brent lebih efektif dalam penyelesaian masalah BEP daripada ketiga metode yang digunakan Ismuniyarto (2016) berdasarkan indikator jumlah iterasi.

Tabel 5. Perbandingan Jumlah Iterasi antara Metode Brent dengan Metode yang Digunakan pada Penelitian Ismuniyarto (2016)

No.	a	b	Banyak Iterasi			
			Penelitian Ismuniyarto (2016)			Brent
			Bagi Dua	Posisi Palsu	Secant	
1.	3	5	10	4	4	4
2.	4	1	10	13	5	5
3.	1	5	11	15	7	6
4.	1	70	15	24	12	12
5.	3	40	14	5	6	6
6.	5	1	11	15	6	6
7.	4	2	10	7	5	5
8.	3	7	11	4	4	4
9.	4	3	9	4	4	4
Jumlah			101	91	53	52

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa dalam penyelesaian masalah *break even point* (BEP) dengan program Pascal, BEP terjadi pada saat 3,22967 tahun. Selain itu, metode Brent lebih efektif daripada metode bagi dua, posisi palsu, dan secant yang digunakan Ismuniyarto (2016) berdasarkan galat dan jumlah iterasinya. Dari galatnya, metode Brent menghasilkan galat $\epsilon_A = 0{,}00118$, diikuti metode secant dengan $\epsilon_A = 0{,}00893$, metode posisi palsu dengan $\epsilon_A = 0{,}64485$, dan metode bagi dua dengan $\epsilon_A = 0{,}89119$. Dari jumlah iterasinya, metode Brent membutuhkan 52 kali iterasi, diikuti metode secant dengan 53 kali iterasi, metode posisi palsu dengan 91 kali iterasi, dan metode bagi dua dengan 101 kali iterasi.

5. REFERENSI

Batarius, P. (2021). Perbandingan Metode Brent dan Bisection dalam Penentuan Akar Ganda Persamaan Berbentuk Polinomial. *Prosiding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (Ritektra) 2021*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.

Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2015). *Numerical Methods for Engineers (7th ed.)*. New York: McGraw-Hill Education.

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

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

Hartono, A., Purnomo, H. D., & Beeh, Y. R. (2014). *Perancangan Implementasi Aplikasi Media Pembelajaran Bahasa Pemrograman Pascal pada Platform Android*. Salatiga: Universitas Kristen Satya Wacana.

Herfina, N. (2019). *Efektifitas Metode Trapesium dan Simpson dalam Penentuan Luas Menggunakan Pemrograman Pascal*. Mataram: Universitas Mataram.

Herfina, N., Amrullah, & Junaidi. (2019). Efektifitas Metode Trapesium dan Simpson dalam Penentuan Luas Menggunakan Pemrograman Pascal. *Mandalika Mathematics and Education Journal, 1*(1), 53-63. https://doi.org/10.29303/jm.v1i1.1242

Hidayati, T., Aedi, W. G., & Masitoh, L. F. (2022). *Metode Numerik*. Tangerang Selatan: Unpam Press.

Ismuniyarto. (2016). *Perbandingan Metode Pengapitan Akar (Bisection, Regula Falsi dan Secant) Persamaan Non Linear dalam Menyelesaikan Analisis Break Even*. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Maharani, S., & Suprapto, E. (2018). *Analisis Numerik Berbasis Group Investigation untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis*. Magetan: CV Ae Media Grafika.

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

Munir, R. (2015). *Kompleksitas Algoritma*. Bandung: STEI ITB.

Natsir, K. (2016). Implementasi Teknik Bisection Untuk Penyelesaian Masalah Nonlinear Break Even Point. *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika 2016*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

Rosidi, M. (2019). *Metode Numerik Menggunakan R untuk Teknik Lingkungan*. Bandung: Teknik Lingkungan ITB.

Subarinah, S. (2022). *Metode Numerik*. Mataram: FKIP Press.

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/petir.v12i2.490

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

Trisilowati, Darti, I., Habibah, U., & Wijaya, O. D. (2021). *Metode Numerik dengan Matlab*. Malang: UB Press.

Tulandi, D. (2020). Efektivitas Penggunaan Metode Numerik dalam Menentukan Tegangan Kerja Dioda. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika, 1*(1), 10-18. https://doi.org/10.53682/charmsains.v1i1.2

Vivas-Cortez, M., Ali, Z. N., Khan, A. G., & Awan, M. U. (2023). Numerical Analysis of New Hybrid Algorithms for Solving Nonlinear Equations. *Axioms, 12*(7), 1-13. https://doi.org/10.3390/axioms12070684