

# Penerapan Algoritma *Golden-Section Search* dalam Penentuan Nilai Maksimum Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara di Indonesia Berdasarkan Pintu Masuk Udara

Randhi Nanang Darmawan<sup>1</sup>, Kanom<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Manajemen Bisnis Pariwisata, Politeknik Negeri Banyuwangi, Indonesia  
([randhi@poliwangi.ac.id](mailto:randhi@poliwangi.ac.id), [kanom@poliwangi.ac.id](mailto:kanom@poliwangi.ac.id))

## Abstrak

Masalah nilai ekstrem baik maksimum maupun minimum sudah terpaparkan jelas dalam Kalkulus dengan metode-metode analitiknya, akan tetapi beberapa kasus yang melibatkan fungsi nonlinear dalam bentuk rumit dituntut untuk menentukan nilai ekstremnya sehingga diperlukan metode numerik untuk mengestimasi suatu nilai  $x$  yang memaksimalkan atau meminimalkan  $f(x)$ . Salah satu metode numerik yang dapat digunakan untuk menentukan nilai ekstrem yang mana pada penelitian ini adalah nilai maksimum adalah algoritma *Golden-Section Search* (GSS), metode ini menggunakan konsep nilai rasio emas (*golden ratio*) dan mengadopsi algoritma *bisection* dalam penentuan akar persamaan  $f(x) = 0$ . Penelitian ini termasuk dalam penelitian terapan dengan menerapkan algoritma *Golden-Section Search* (GSS) dengan perhitungan komputasi pada Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara di Indonesia berdasarkan pintu masuk udara (Ngurah Rai *International Airport* dan Lombok *International Airport*) dengan data dari BPS, sebelum algoritma GSS diterapkan terlebih dahulu melalui proses *curve fitting* dan interpolasi polinomial untuk mendapatkan fungsi polinom orde tinggi. Sehingga dapat ditentukan nilai maksimumnya. Hasil penelitian menunjukkan *Golden-Section Search* (GSS) cukup baik dalam mengestimasi nilai maksimum fungsi polinom orde tinggi dan pasti konvergen meskipun membutuhkan cukup banyak iterasi untuk mendapatkan persentase error yang kecil.

**Kata kunci:** *Curve Fitting, Golden-Section Search, Interpolasi Polinomial, Nilai Maksimum,*

## Abstract

Extreme problem the maximum and minimum case have been clearly explained in calculus with all analytics methods, however some case that involve non-linear function in difficult form, and inducted to determining its extreme value, so need numerical method for estimate some value of  $x$  that able to maximize or minimize value of  $f(x)$ . One of numerical method can used to determining extreme value which on this research is maximum value is *Golden-Section Search* (GSS) Algorithm, this method use the concept of golden ratio and adopt to *bisection* algorithm for determining root of equation  $f(x) = 0$ . This research is including applied research with apply *Golden-Section Search* (GSS) with numerical computation its applied in The number of foreign tourist visit in Indonesia based on the entrance of air (Ngurah Rai *International Airport* dan Lombok *International Airport*) data from BPS. Before GSS Algorithm applied in, first with process *curve fitting* and polynomial interpolation to obtain high order polynomial function for determined its maximum value. The result of this research show that *Golden-Section Search* (GSS) fairly good in estimate maximum value of high order polynomial function and definitely convergent although need more iteration to obtain small percentage error.

**Key words:** *Curve Fitting, Golden-Section Search, Polynomial Interpolation, Maximum value*

## PENDAHULUAN

Rasio emas atau biasa dikenal dengan *golden ratio* yang dilambangkan dengan simbol Yunani  $\varphi$  (*phi*) merupakan bilangan irrasional yang didefinisikan dengan  $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$  yang mana sudah menjadi daya tarik bagi matematikawan, fisikawan, filsuf, arsitek, seniman, bahkan musisi. Rasio emas juga biasa disebut *golden mean, the golden section, the golden cut, the divine proportion,*

*the mean of Phidias, Fibonacci number* dan memiliki nilai 1.61803398875... (Dunlap, 1997).

Rasio emas disebut juga bilangan Fibonacci karena bilangan ini diperoleh dari barisan Fibonacci yang ditemukan oleh matematikawan Leonardo da Pisa yang lahir di Pisa Italia, yang lebih familiar dipanggil Fibonacci yang merupakan kependekan dari Filius Bonacci (putra dari Bonacci). Rasio emas diperoleh dari hasil bagi

barisan Fibonacci, dari suku sebelumnya dimulai setelah suku ke-tiga belas. Suku ketiga belas pada deretan angka Fibonacci adalah 233, yang jika dibagi dengan suku sebelumnya yaitu 144 menghasilkan angka 1,618 atau dengan kata lain rasio emas. Jika dilakukan pembagian serupa pada suku selanjutnya bahkan sampai suku tak hingga sekalipun, maka angka ini akan tetap bernilai sama, yaitu 1,618... Angka tersebut bernilai sama tanpa ada sedikitpun yang menyimpang.

Dalam analisis numerik, rasio emas diterakan dalam menentukan nilai ekstrem suatu fungsi baik maksimum maupun minimum yang dipadukan dengan konsep penentuan akar-akar fungsi  $f(x) = 0$  yaitu metode bagi dua (*bisection*), maka rasio emas yang digunakan dalam penentuan nilai ekstrem biasa disebut dengan *Golden-Section Search* (GSS) (Chapra & Canale, 2015). Metode ini diturunkan dari konsep metode bagi dua dan nilai  $\phi = 1,618...$  sehingga didapatkan formula iteratif untuk mengestimasi nilai ekstrem yang pada penelitian yang akan ditentukan adalah nilai maksimum.

Rasio emas dalam bidang matematika memiliki peranan yang sangat banyak dalam bidang ilmu lainnya, telah berkembang riset-riset terkait rasio emas seperti pada penelitian Akbari, et al. (2018) rasio emas digunakan untuk mengestimasi parameter *smoothing* metode Brown untuk prediksi data tren positif dan negatif. Hal yang serupa sebelumnya juga dilakukan oleh Al Mahkya, et al (2014). Pada bidang ilmu lain rasio emas juga diterapkan dalam ilmu kesehatan seperti penelitian yang dilakukan oleh Henein, et al. (2011) bahwa proporsi hati manusia merupakan penerapan dari rasio emas, di bidang *engineering* tepatnya konversi energi oleh Kheldoun, et al. (2016) menerapkan GSS yang dipadukan dengan algoritma *maximum power point tracking* untuk memaksimalkan *photovoltaic system*.

Berdasarkan beberapa riset-riset penerapan rasio emas dan GSS tersebut maka pada penelitian ini akan dibahas dan dikaji penerapan GSS di bidang pariwisata, lebih tepatnya penentuan nilai maksimum

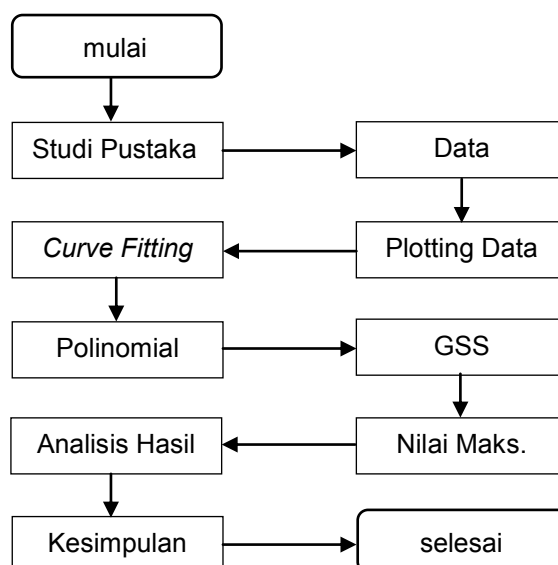
jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Indonesia berdasarkan pintu masuk udara. Sampel data yang digunakan dalam penelitian ini yang diambil dari Badan Pusat Statistik (BPS) adalah Ngurah Rai *International Airport* dan Lombok *International Airport*.

Data yang telah ada akan dilakukan proses *curve fitting* (pencocokan kurva) untuk mendapatkan fungsi polinomial yang menggambarkan jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Indonesia berdasarkan pintu masuk udara, kemudian dilakukan penentuan nilai maksimum menggunakan algoritma GSS. Nilai maksimum yang didapatkan akan dianalisis berdasarkan data aktual untuk mendapatkan persentase galat, sehingga terlihat apakah algoritma GSS baik dalam mengoptimalkan suatu fungsi, dan dapat diterapkan dalam bidang Pariwisata.

#### METODE

Penelitian ini termasuk dalam penelitian terapan (*applied research*). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Indonesia berdasarkan pintu masuk udara yang terdapat dalam *website* <https://bps.go.id> tahun 2017-2019, pada penelitian ini data yang digunakan adalah data bulan Juli 2018 sampai dengan juni 2019.

Adapun skema langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Skema penelitian

1) Studi Pustaka

Berupa kajian referensi yang berkaitan dengan rasio emas, algoritma GSS, pencocokan kurva, optimasi dan beberapa kajian pariwisata di Indonesia.

2) Pengambilan Data

Data yang digunakan adalah data sekunder yang bersumber dari *website* resmi BPS dalam laman <https://bps.go.id> pada bagian menu pariwisata. Data tersebut adalah data jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Indonesia berdasarkan pintu masuk udara. Adapun data tersebut sebagai berikut:

Tabel 1. Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara melalui Ngurah Rai International Airport

Tahun	No.	Bulan	Pengunjung
2018	1	Januari	345191
	2	Februari	443805
	3	Maret	484846
	4	April	516143
	5	Mei	526281
	6	Juni	540462
	7	Juli	624263
	8	Agustus	571380
	9	September	555888
	10	Oktober	515181
	11	November	406679
	12	Desember	495641
2019	13	Januari	451895
	14	Februari	436370
	15	Maret	441775
	16	April	476160
	17	Mei	485758
	18	Juni	549718

Tabel 2. Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara melalui Lombok International Airport

Tahun	No.	Bulan	Pengunjung
2018	1	Januari	5986
	2	Februari	5800
	3	Maret	9880
	4	April	10644
	5	Mei	7512

2019	6	Juni	8859
	7	Juli	13980
	8	Agustus	4308
	9	September	3866
	10	Oktober	3515
	11	November	2306
	12	Desember	3151
	13	Januari	2125
	14	Februari	3588
	15	Maret	3583
	16	April	5171
	17	Mei	2841
18	Juni	6155	

3) *Plotting Data*

Data pada tabel 1 dan 2 akan disajikan dalam *plotting* grafik dengan tujuan untuk mengetahui sebaran data dari masing-masing sampel data sebelum dilakukan pencocokan kurva. Pencocokan kurva dengan bantuan *software* Maple 15.

4) Fungsi Polinomial

Hasil dari pencocokan kurva adalah fungsi polinomial berupa estimasi yang mewakili data pada tabel 1 dan 2, fungsi inilah yang selanjutnya akan ditentukan nilai maksimumnya menggunakan algoritma GSS.

5) Algoritma *Golden-Section Search*(GSS)

Seperti yang telah dijabarkan di atas algoritma GSS berangkat dari nilai rasio emas  $\varphi = 1,618$ ...sebagai suatu proporsi yang telah lama digunakan pada masa pemerintahan Yunani kuno dan diterapkan dalam bidang bangunan. Adapun algoritma GSS tersebut adalah sebagai berikut:

input :  $x_l, x_u, f(x), \epsilon_s$   
 output :  $f_{max}, x_{value}, \epsilon_a, f(mid)$   
 Langkah 1 : iterasi=1  
 Langkah 2 : Selama  $\epsilon_a > \epsilon_s$

$$d = \frac{\sqrt{5} - 1}{2} (x_u - x_l)$$

Menentukan 2 titik interior

$$x_1 = x_l + d$$

$$x_2 = x_u - d$$

Evaluasi titik

a) Jika  $f(x_1) > f(x_2)$

$makax_2 \rightarrow x_l$   
 b) Jika  $f(x_2) > f(x_1)$   
 $makax_1 \rightarrow x_u$

(Chapra & Canale, 2015).

Gambar 2. Hasil *Curve Fitting* (merah) dan Data Aktual (hijau) Ngura Rai

Algoritma GSS tersebut diimplementasikan dengan Maple 15 *output* adalah pasangan titik-titik data dan fungsi pada tiap-tiap iterasinya dan menghasilkan nilai maksimum.

*Curve Fitting* pada Gambar 1 didapatkan dari Maple 15 dengan menggunakan data tambahan dari Januari 2018 hingga Juni 2019, sehingga didapatkan polinomial interpolasi hasil *curve fitting*, sebagai berikut:

6) Analisis Hasil

Hasil dari algoritma GSS dianalisis berdasarkan hasil nilai maksimum dibandingkan dengan nilai data aktual sehingga terlihat persentase galat dari algoritma GSS yang diterapkan dalam bidang pariwisata penentuan nilai maksimum jumlah kunjungan wisatawan mancanegara di Indonesia berdasarkan pintu masuk udara.

$$\begin{aligned}
 & \frac{12867643}{13305600} x^{11} - \frac{2831947}{40320} x^{10} + \frac{233345513}{103680} x^9 - \frac{37514003}{896} x^8 \\
 & + \frac{605449115399}{1209600} x^7 - \frac{23153713699}{5760} x^6 + \frac{532444292279}{241920} x^5 \\
 & - \frac{219398172883}{2688} x^4 + \frac{25830908673563}{129600} x^3 \\
 & - \frac{609129018119}{2016} x^2 + \frac{6999600036959}{27720} x - 85880667
 \end{aligned}$$

7) Menarik Kesimpulan

Hasil dari penelitian dan analisis pembahasan akan dijabarkan dalam sebuah kesimpulan terkait penerapan algoritma GSS, apakah menghasilkan hasil yang bagus atau perlu ada pengembangan lebih lanjut.

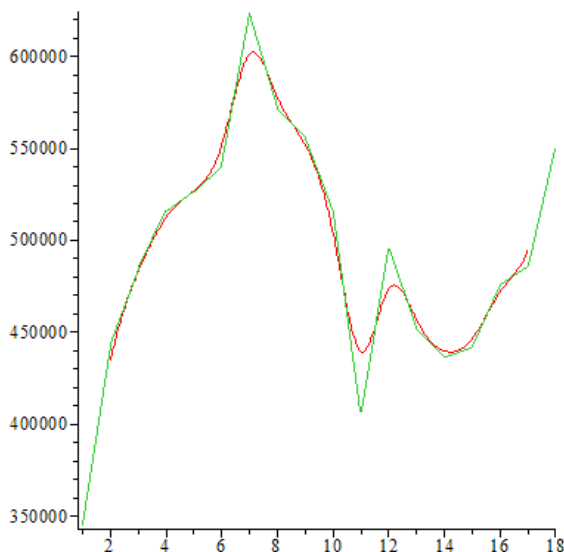
polinomial tersebut akan diterapkan dalam program algoritma GSS untuk ditentukan nilai maksimumnya. Berikut ini hasil *output* program dengan Maple 15 di dapatkan:

The midpoint of the final interval is 10.638992 and  $f(\text{midpoint}) = 587536.000$ .

**HASIL**

1) *Curve Fitting Data Ngurah Rai International Airport*

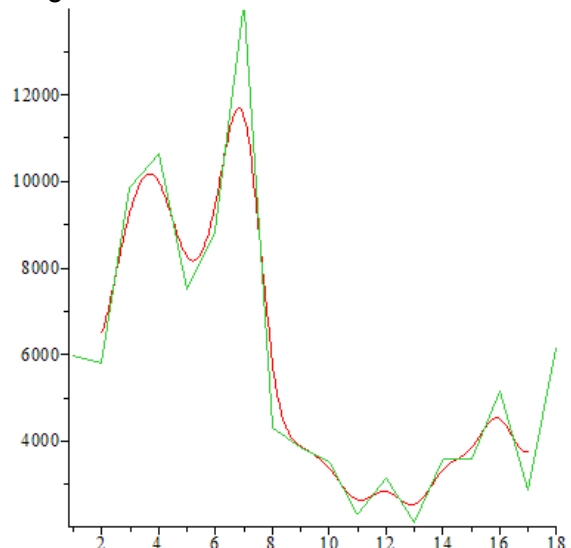
Berdasarkan data pada Tabel 1, maka hasil plotting grafik dan *curve fitting* adalah sebagai berikut:



The maximum of the function is 587536.000 and the x value = 7.638992, the midpoint point of interval number 30.

2) *Curve Fitting Data Lombok International Airport*

Berdasarkan data pada Tabel 2, maka hasil plotting grafik dan *curve fitting* adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Hasil *Curve Fitting* (merah) dan Data Aktual (hijau) *LIA*

*Curve Fitting* pada Gambar 2 didapatkan dari Maple 15 dengan menggunakan data tambahan dari Januari 2018 hingga Juni 2019, sehingga didapatkan polinomial interpolasi hasil *curve fitting*, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \frac{965939}{39916800}x^{11} - \frac{62543}{36288}x^{10} + \frac{13091689}{241920}x^9 - \frac{59621267}{60480}x^8 \\ & + \frac{13953371809}{1209600}x^7 - \frac{783333769}{8640}x^6 + \frac{352645395853}{725760}x^5 \\ & - \frac{320174137979}{181440}x^4 + \frac{425596526759}{100800}x^3 - \frac{3512892689}{560}x^2 \\ & + \frac{4742800045}{924}x - 1709294 \end{aligned}$$

polinomial tersebut akan diterapkan dalam program algoritma GSS untuk ditentukan nilai maksimumnya. Berikut ini hasil *output* program dengan Maple 15 di dapatkan:

```
The midpoint of the final
interval is 7.569504 and
f(midpoint) = 12096.520
```

```
The maximum of the function is
12096.520 and the x value =
7.569504,
the midpoint point of interval
number 30.
```

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian tersebut yang sudah dipaparkan di atas maka terdapat beberapa hal yang perlu dikaji dalam pembahasan ini.

Untuk data jumlah kunjungan Wisatawan Mancanegara melalui Ngurah Rai *International Airport* terlihat dari tahun 2018 hingga pertengahan 2019 terlihat rata-rata 492635,3 tiap bulan dan berdasarkan data aktual nilai maksimum (kunjungan tertinggi) yaitu pada bulau Juli 2018 yaitu

624263, sedangkan hasil dari *curve fitting* dan didapatkan polinomial interpolasi yang dilanjutkan dengan ditentukan nilai maksimum dengan algoritma GSS didapatkan nilai maksimum estimasi yaitu **587536** dengan nilai  $x = 7.638992$ .

Hasil menunjukkan bahwa penerapan algoritma GSS tidak terlalu jauh dengan nilai aktual dengan nilai persentase galat 5,8832% dengan estimasi waktu nilai  $x$  juga tidak terlalu jauh dengan data aktual.

Untuk data jumlah kunjungan Wisatawan Mancanegara melalui Lombok *International Airport* terlihat dari tahun 2018 hingga pertengahan tahun 2019 terlihat rata-rata 5737,22 pada tiap bulan, memang dampak gempa Lombok sangat berpengaruh signifikan terhadap jumlah kunjungan wisatawan mancanegara, terlihat setelah Juli 2018 *visitors* sangat menurun drastis. Berdasarkan data aktual *LIA* terlihat nilai tertinggi 13980 yaitu ada bulan Juli 2018, sedangkan hasil dari *curve fitting* dan didapatkan polinomial interpolasi yang dilanjutkan dengan ditentukan nilai maksimum dengan algoritma GSS didapatkan nilai maksimum estimasi yaitu **12096** dengan nilai  $x = 7.569504$ .

Hasil menunjukkan bahwa penerapan algoritma GSS tidak terlalu jauh dengan nilai aktual dengan nilai persentase galat 13,47% dengan estimasi waktu nilai  $x$  juga tidak terlalu jauh dengan data aktual. Memang nilai galat terlihat cukup besar dikarenakan data aktual yang cenderung tidak stabil dan cenderung turun drastis disebabkan suatu faktor yang tidak diperhitungkan dalam penelitian ini.

## KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh pemaparan dalam artikel ini di atas maka, dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut:

1. Hasil *curve fitting* dan interpolasi polinomial menunjukkan tidak terlalu jauh beda dengan data aktual dari BPS.
2. Penerapan algoritma GSS pada kedua data menunjukkan bahwa algoritma GSS bekerja cukup bagus untuk

menentukan nilai maksimum suatu fungsi polinomial orde tinggi hasil dari *curve fitting* dan interpolasi polynomial, dengan masing-masing nilai persentase galat 5,8832% untuk Ngurah Rai dan persentase galat 13,47% untuk Lombok *Inetrnational Airport*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1] Akbari, F., Wibowo, F. W., & Setyanto, A. (Vol. 2 No. 1 (2018)). Optimasi Parameter Pemulusan Algoritma Brown Menggunakan Metode Golden Section Untuk Prediksi Data Tren Positif dan Negatif. *Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi (RESTI)*, 307 – 314 .
- 2] Al Mahkya, D., Yasin, H., & Mukid, M. (Vol. 3, No. 4 (2014)). Aplikasi Metode Golden Section untuk Optimasi Parameter pada Metode Exponential Smoothing. *Gaussian*, 605-614.
- 3] Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2015). *Numerical Methods for Engineers Seventh Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- 4] Dunlap, R. A. (1997). *The Golden Ratio and Fibonacci Numbers*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. .
- 5] Henein, M. Y., Zhao, Y., Nicoll, R., Sun, L., Khir, A. W., Franklin, K., & Lindqvist, P. (Volume 150, Issue 3, 4 August 2011). The human heart: Application of the golden ratio and angle. *International Journal of Cardiology*, 239-242.
- 6] Kheldoun, A., Bradai, R., Boukenoui, R., & Mellit, A. (Volume 111, 1 March 2016). A new Golden Section method-based maximum power point tracking algorithm for photovoltaic systems. *Energy Conversion and Management*, Pages 125-136.

