

**IMPLEMENTASI METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING*  
MENGUNAKAN *ANT COLONY OPTIMIZATION* (ACO)  
(Studi Kasus: Jumlah Penumpang di Bandara Internasional Juanda)**

**SKRIPSI**

**OLEH  
AHMAT ARIFIN  
NIM. 16610108**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2021**

**IMPLEMENTASI METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING*  
MENGUNAKAN *ANT COLONY OPTIMIZATION* (ACO)  
(Studi kasus: Jumlah Penumpang di Bandara Internasional Juanda)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**OLEH  
AHMAT ARIFIN  
NIM. 16610108**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2021**

**IMPLEMENTASI METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING*  
MENGUNAKAN *ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO)*  
(Studi kasus: Jumlah Penumpang di Bandara Internasional Juanda)**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Ahmat Arifin**  
**NIM. 16610108**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal 23 Juni 2021

Pembimbing I,



Dr Sri Harini, M.Si  
NIP. 19731014 200112 2 002

Pembimbing II,



Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd  
NIP. 19630502 198703 1 005

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Usman Pagalay, M.Si  
NIP. 19650414 200312 1 001

**IMPLEMENTASI METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING*  
MENGUNAKAN *ANT COLONY OPTIMIZATION* (ACO)  
(Studi kasus: Jumlah Penumpang di Bandara Internasional Juanda)**

**SKRIPSI**

**Oleh  
Ahmat Arifin  
NIM. 16610108**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Tanggal 28 Juni 2021

Penguji Utama : Abdul Aziz, M.Si



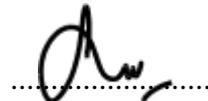
Ketua Penguji : Fachrur Rozi, M.Si



Sekretaris Penguji : Dr. Sri Harini, M.Si



Anggota Penguji : Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd



Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Usman Pagalay, M.Si  
NIP. 19650414 200312 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmat Arifin

NIM : 16610108

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Implementasi Metode *Exponential Smoothing*  
menggunakan *Ant colony optimization (ACO)* (Studi  
Kasus: Jumlah Penumpang di Bandara Internasional  
Juanda)

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 28 Juni 2021  
Yang membuat pernyataan,



Ahmat Arifin  
NIM. 16610108

## **MOTTO**

“ Sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan. Apabila kamu telah selesai dengan suatu urusan, tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain.”

“Sedikit pengetahuan yang diterapkan jauh lebih berharga daripada banyak pengetahuan yang tak dimanfaatkan.”

## **PERSEMBAHAN**

Penulis persembahkan skripsi ini kepada:

Ibu Sulatun dan Alm. Bapak Zainuri yang selalu merawat, mendidik dan menyayangi anak-anaknya dari lahir hingga mengantarkan anaknya menuju jenjang perguruan tinggi. Kakak tersayang Siti Mutriyani dan Ninik Saroh yang selalu mendukung setiap langkah yang ditempuh penulis. Serta keluarga besar Bani Kasiru dan Bani Sutopo yang selalu menemani dalam lika-liku hidup penulis.

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan taufik, rahmat, dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan penyusunan skripsi sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana matematika (S.Mat) ini dengan baik dan lancar.

Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini, penulis tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, bantuan dari semua pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini izinkanlah kami untuk menghaturkan ungkapan terimakasih yang paling dalam kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikan skripsi ini. Ungkapan rasa terima kasih ini kami persembahkan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abd. Haris, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Usman Pagalay, M.Si., selaku Ketua Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dosen pembimbing 1. Penulis ucapkan terima kasih Atas bimbingan, arahan, saran, motivasi dan kesabarannya. Jazakumullah Ahsanal Jaza'.

5. Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd., selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan, nasihat, dan berbagi pengalaman berharga kepada penulis.
6. Seluruh Dosen Fakultas Syaria“ah UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mendidik, membimbing, mengajarkan dan mencurahkan lmunya kepada penulis. Semoga Allah melipat gandakan amal kebaikan mereka.
7. Semua teman-teman angkatan 2016 program studi matematika.
8. Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan demi terselesainya skripsi ini.

Sebagai ungkapan terima kasih, semoga Allah SWT membalas semua amal kebajikannya atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis. Akhirnya semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua yang membacanya. Amiin.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Malang, 22 Mei 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b>	
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b>	
<b>HALAMAN MOTTO</b>	
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>مستخلص .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Deret Waktu .....	8
2.1.1 Pengertian Deret Waktu .....	8
2.1.2 Data Deret Waktu .....	9
2.2 Pengertian Peramalan .....	12
2.3 Metode <i>Exponential Smoothing</i> .....	12
2.4 Ukuran Kesalahan Peramalan .....	13
2.5 Metode Estimasi Parameter Menggunakan <i>Ant Colony Optimization (ACO)</i> .....	16
2.5.1 Cara Kerja Semut Menemukan Rute Terpendek dalam ACO .....	17
2.5.2 Langkah-langkah Algoritma <i>Ant Colony Optimization</i> .....	18
2.6 Kajian Islam Tentang Transportasi .....	20

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Pendekatan Penelitian .....	23
3.2 Sumber Data .....	23
3.3 Variabel Penelitian .....	23
3.4 Analisis Data .....	24
3.5 Diagram Alir Analisis Data .....	26
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	 <b>27</b>
4.1 Plotasi Data .....	27
4.2 Estimasi Parameter Metode <i>Single Exponential Smoothing</i> menggunakan <i>Ant Colony Optimization</i> untuk menggambarkan jumlah penumpang di bandara Internasional Juanda .....	28
4.3 Peramalan dengan Cara Manual Menggunakan Metode <i>Single</i> <i>Exponential Smoothing</i> .....	35
4.4 Peramalan Menggunakan Metode <i>Single Exponential Smoothing</i> dengan Bantuan <i>Software Minitab</i> .....	39
4.5 Kajian Transportasi dalam Islam .....	39
 <b>BAB V PENUTUP .....</b>	 <b>42</b>
5.1 Kesimpulan .....	42
5.2 Saran .....	42
 <b>DAFTAR RUJUKAN .....</b>	 <b>43</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	
<b>BUKTI KONSULTASI SKRIPSI</b>	

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Kriteria Nilai MAPE.....	13
------------------------------------	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Horizontal .....	9
Gambar 2.2 Pola Musiman .....	10
Gambar 2.3 Pola Siklis .....	10
Gambar 2.4 Pola Trend .....	10
Gambar 2.5 Perjalanan Semut Mencari Sumber Makanan.....	18
Gambar 4.1 Plot Data Penumpang .....	25
Gambar 4.2 Jalur yang Mungkin Dilalui Semut .....	27
Gambar 4.3 Plot Ramalan Data Penumpang Menggunakan Single Exponential Smoothing .....	34

## ABSTRAK

Arifin, Ahmat. 2021. **Implementasi Metode *Exponential Smoothing* Menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO)(Studi Kasus: Jumlah Penumpang Di Bandara Internasional Juanda)**. Skripsi. Program Studi Matematika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Sri Harini, M.Si. (II) Dr.H. Imam Sujarwo, M.Pd.

Kata kunci: *Ant Colony Optimization*, *Exponential Smoothing*, MAPE, MSE.

Metode *Exponential* merupakan sebuah metode yang menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai pengamatan sebelumnya. *Exponential Smoothing* merupakan salah satu metode *Time Series* yang sering digunakan untuk peramalan. Terdapat beberapa parameter yang harus dievaluasi dalam *Exponential Smoothing*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencari nilai parameter terbaik adalah algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). Pada penelitian ini, mengimplementasikan Metode *Exponential Smoothing* menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam meramalkan jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda. Metode *Exponential Smoothing* yang digunakan adalah *Single Exponential Smoothing*. Uji kesalahan peramalan yang digunakan adalah MAPE dan MSE. hasil dari implementasi metode *Exponential Smoothing* menggunakan *Ant Colony Optimization* didapatkan nilai parameter yang optimal yaitu 0,4. Kemudian Hasil Peramalan jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda pada bulan Januari 2020 adalah 55536 penumpang. dengan nilai MAPE sebesar 10,38817%% dan nilai MSE sebesar 7841983580.

## ABSTRACT

Arifin, Ahmat. 2021. **On the Implementation of Exponential Smoothing Method Using Ant Colony Optimization (ACO) (Case Study: Number of Passengers At Juanda International Airport)**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Dr. Sri Harini, M.Si. (II) Dr.H. Imam Sujarwo, M.Pd.

Keywords: Ant Colony Optimization, Exponential Smoothing, MAPE, MSE.

An Exponential method is a method that shows the weighting decreases exponentially to the value of the previous observation. Exponential Smoothing is a time series method that is often used for forecasting. There are several parameters that must be evaluated in Exponential Smoothing. One of methods that can be used to find the best parameter value is the Ant Colony Optimization (ACO) algorithm. This research, implement the Exponential Smoothing Method using Ant Colony Optimization (ACO) in predicting the number of passengers departing on domestic flights at Juanda International Airport. The Exponential Smoothing method used is the Single Exponential Smoothing. The Forecasting error test used are MAPE and MSE. The result of implementing the Exponential Smoothing method using Ant Colony Optimization, the optimal parameter value is 0,4. Then, the result of forecasting the number of passengers departing on domestic flights at Juanda International Airport in January 2020 was 555536 passengers with a MAPE value of 10,38817% and a MSE value of 7841983580.

## ملخص

عارفين، أحمد. ٢٠٢٠. تنفيذ طريقة تنعيم الأسي. باستخدام الأمثل مستعمرة النمل (اجو) (دراسة حالة : عدد الركاب في مطار خواندا الدولي). البحث. قسم الرياضيات كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانغ. مستشار المشرفة الأولى : ( ١ ) الدكتور سري هاريني, الماجستير , والمشررف الثاني ( ٢ ) الدكتور هـ. إمام سوجارو، م. ب.

الكلمات المفتاحية: النمل مستعمرة الأمثل، تنعيم الأسي، مبي، مساي.

طريقة تنعيم طريقة تظهر الترجيح إنقاص بتنعيم مقابل قيم المراقبة السابقة. التجانس الأسي هو أحد أساليب السلسلة الزمنية التي غالبا ما تستخدم للتنبؤ. هناك العديد من الملعلمات التي يجب تقييمها في التجانس الأسي. طريقة واحدة يمكن استخدامها للعثور على أفضل قيمة المعلمة هو خوارزمية الأمثل مستعمرة النمل (اجو). في هذا البحث، وتنفيذ طريقة تنعيم الأسي باستخدام الأمثل مستعمرة النمل (اجو) في التنبؤ بعدد الركاب المغادرين على الرحلات الداخلية في مطار خواندا الدولي. أسلوب التجانس الأسي المستخدم هو التجانس الأسي المفرد. اختبار الخطأ التنبؤ المستخدمة مبي و مساي. نتيجة تنفيذ أسلوب تنعيم الأسي باستخدام الأمثل مستعمرة النملة الحصول على القيم المعلمة المثلى التي هي. ثم، فإن النتيجة المتوقعة لعدد الركاب المغادرين على الرحلات الداخلية في مطار خواندا الدولي في يناير ٢٠٢٠. هي خمس مئة وخمسة وخمسون الفا وخمس مئة وستة وثلاثون الركاب. بنتيجة مبي أكثره % ٣٨٨١، ١٠ و بنتيجة مساي

. ٧٨٤١٩٨٣٥٨٠

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Nabi Muhammad SAW bersabda:

مَنْ أَرَادَ الدُّنْيَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ وَمَنْ أَرَادَ هُمَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ

Artinya: *“Barang siapa menginginkan kebahagiaan di dunia maka harus dengan ilmu, dan barang siapa menginginkan kebahagiaan akhirat maka harus dengan ilmu, dan barang siapa menginginkan keduanya maka harus dengan ilmu.”*

Dari hadist di atas dapat diketahui bahwa untuk menggapai kebahagiaan di dunia maka seseorang harus menguasai ilmunya, dan untuk menggapai kebahagiaan di akhirat seseorang juga harus menguasai ilmunya. Lebih-lebih jika bisa menguasai keduanya. Begitu juga jika seseorang ingin menggapai cita-cita maka harus menguasai ilmunya.

Salah satu ilmu yang dapat dipelajari adalah ilmu Matematika. Matematika dapat digunakan sebagai alat untuk menyederhanakan penyajian dan pemahaman masalah. Penggunaan bahasa matematika dalam suatu masalah pada kehidupan nyata dapat menjadi lebih sederhana jika disajikan dalam bentuk matematika. Penyelesaian model matematika harus diterjemahkan kembali sebagai penyelesaian masalah nyata.

Perkembangan statistika sebagai model ilmiah telah mempengaruhi hampir setiap aspek kehidupan modern. Keputusan yang diambil atas dasar hasil analisis dan interpretasi data kuantitatif. Dalam hal itu, metode statistika mutlak dibutuhkan sebagai peralatan analisis dan interpretasi data kualitatif. Peranan

metode statistika dalam pengambilan keputusan secara ekonomis di perusahaan-perusahaan yang sifatnya tidak ekonomis.

Model *Time Series* merupakan model yang digunakan untuk memprediksi masa depan dengan menggunakan data historis. Dengan kata lain, model *Time Series* mencoba melihat apa yang terjadi pada suatu kurun waktu tertentu dan menggunakan data masa lalu untuk memprediksi.

*Exponential Smoothing* merupakan salah satu metode *Time Series* yang sering digunakan. *Smoothing* adalah mengambil rata-rata dari nilai pada beberapa periode untuk menaksir nilai pada suatu periode (Subagyo, 1986: 7). Metode *Exponential* merupakan sebuah metode yang menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai pengamatan sebelumnya. Oleh karena itu metode ini disebut *Exponential Smoothing*.

Terdapat beberapa parameter yang harus dievaluasi dalam *Exponential Smoothing*. Pendekatan untuk menentukan parameter yang optimal biasanya secara coba dan salah (*trial and error*). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencari nilai parameter terbaik adalah algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). ACO merupakan algoritma yang dimunculkan sebagai suatu pendekatan multi-agen terhadap berbagai permasalahan optimasi. ACO ini terinspirasi oleh pengamatan terhadap suatu koloni semut.

Peramalan merupakan kegiatan memprediksi nilai-nilai sebuah variabel berdasarkan nilai yang diketahui dari variabel tersebut atau variabel yang berhubungan. Sering terdapat senjang waktu (*time lag*) antara kesadaran akan peristiwa atau kebutuhan mendatang dengan peristiwa itu sendiri. Adanya waktu tenggang (*lead time*) ini merupakan alasan utama bagi perencanaan dan

peramalan. Jika waktu tenggang ini panjang dan hasil peristiwa akhir bergantung pada faktor-faktor yang dapat diketahui, maka perencanaan dapat memegang peranan penting. Dalam situasi peristiwa seperti itu peramalan diperlukan untuk menetapkan kapan suatu peristiwa akan terjadi, sehingga tindakan yang tepat dapat dilakukan.

Transportasi adalah perpindahan dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan alat pengangkutan, baik yang digerakkan oleh tenaga manusia, hewan, atau mesin (Sukarto, 2006). Salah satu jenis transportasi adalah transportasi udara yaitu dengan menggunakan pesawat. Menurut Undang-Undang Penerbangan No. 1 Tahun 2009, pengertian pesawat udara adalah setiap mesin atau alat yang dapat terbang di atmosfer karena gaya angkat dari reaksi udara, tetapi bukan reaksi udara terhadap permukaan bumi yang digunakan untuk penerbangan.

Bandar udara merupakan prasarana bagi pesawat udara yang memfasilitasi dan melayani pergerakan pesawat, penumpang, barang, maupun kargo. Salah satu bandara terbesar di Indonesia adalah bandara Internasional Juanda yang terletak di Jawa Timur.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu mengestimasi parameter *Exponential Smoothing* menggunakan metode eksak seperti *Least Square* (Montgomery, 2009). Selain metode eksak, metode heuristik dapat digunakan dalam mengestimasi parameter peramalan (Elvural *et al.*, 2016; Wu dan Chan, 2002). Metode heuristik yang digunakan dalam penelitian ini adalah ACO.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Dani, dkk., meneliti tentang mengestimasi parameter *Exponential Smoothing* menggunakan metode *Golden Section*. Didapatkan hasil bahwa model terbaik adalah *Triple Exponential Smoothing Additive* karena mempunyai nilai MAPE terkecil (Dani, dkk, 2014). Kemudian Faisol dan Aisah mengembangkan penelitian tersebut dengan menerapkan metode *Exponential Smoothing* untuk meramalan jumlah klaim di BPJS Kesehatan Pamekasan. Dalam hal ini, peneliti menggunakan *Double Exponential Smoothing*, kemudian dibandingkan dengan metode *Moving Average*. Hasil dari kedua metode tersebut sama-sama mempunyai kinerja yang baik karena nilai MAPE berada di bawah 10%, tetapi metode *Exponential Smoothing* memiliki nilai RMSE dan MAPE yang lebih kecil dibandingkan dengan metode *Moving Average* (Faisol dan Aisah, 2016). Humairo,dkk, meneliti tentang peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dan verifikasi hasil peramalan menggunakan grafik pengendali *Tracking Signal*. berdasarkan nilai MAPE dan grafik pengendali *Tracking Signal* menunjukkan bahwa metode *Double Exponential Smoothing* dua parameter dari holt adalah yang terbaik . (Humairo, 2020),.

Berdasarkan hasil penelitian diatas, yaitu Dani, dkk. (2014), mengestimasi parameter *Exponential Smoothing* menggunakan metode *Golden Section*. Kemudian dilanjutkan oleh Faisol dan Aisah (2016) yang menerapkan metode *Exponential Smoothing* untuk meramalan jumlah klaim di BPJS Kesehatan Pamekasan. Selanjutnya Humairo,dkk. (2020) meneliti tentang peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dan verifikasi hasil peramalan menggunakan grafik pengendali *Tracking Signal*. Oleh karena itu,

peneliti tertarik untuk mengimplementasikan metode *Exponential Smoothing* menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam meramalkan jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana implementasi metode *Exponential Smoothing* menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam meramalkan jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu mengimplementasikan metode *Exponential Smoothing* menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam meramalkan jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian, maka manfaat penelitian ini dapat menambah wawasan pengetahuan tentang implementasi metode *Exponential Smoothing* menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam meramalkan

jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda.

### 1.5 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi perluasan masalah dan supaya lebih spesifik, maka batasan masalah penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Data yang digunakan adalah data jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda periode bulan Januari 2014 sampai bulan Desember 2019.
- 2) Data pada saat kondisi normal, bukan pada saat pandemi covid-19
- 3) Uji kesalahan peramalan yang digunakan adalah MSE (*Mean Squared Error*) dan MAPE (*Mean Square Percentage Error*).
- 4) Metode peramalan yang digunakan adalah *Single Exponential Smoothing*.
- 5) Persamaan yang digunakan untuk menentukan parameter yang optimal metode *Exponential Smoothing* menggunakan ACO adalah
$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t$$
- 6) Menggunakan hasil peramalan dengan bantuan *software* Minitab sebagai pembandingan hasil peramalan manual.

### 1.6 Sistematika Penulisan

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan diisi dengan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penelitian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan dijelaskan tentang pengertian-pengertian dan teori-teori yang mendasari pembahasan diantaranya; deret waktu (*time series*), metode *Exponensial Smoothing*, pengertian peramalan, metode *Ant Colony Optimization*, dan ukuran kesalahan peramalan.

## BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode yang digunakan dalam penelitian, diantaranya pendekatan penelitian, sumber data, variabel penelitian dan tahap analisis penelitian.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan bab inti pada penelitian. Berisi tentang pembahasan estimasi parameter *Exponential Smoothing* menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam meramalkan jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda.

## BAB V PENUTUP

Pada bab ini akan disajikan kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan penelitian.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Deret Waktu**

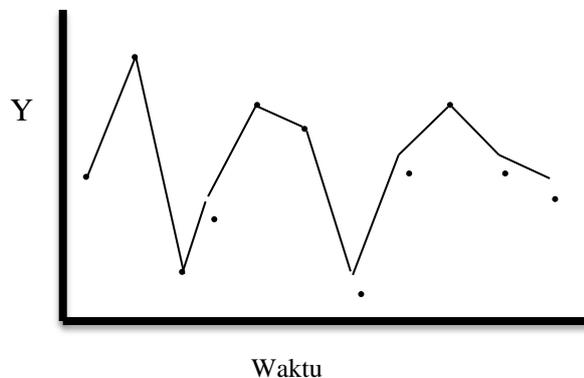
##### **2.1.1 Pengertian Deret Waktu**

Menurut Box dkk. (1994) dalam Makridakis, dkk. (1999), *Time Series* atau deret waktu adalah sekelompok nilai-nilai pengamatan yang diperoleh pada waktu yang berbeda dengan selang waktu yang sama dan barisan data diasumsikan saling bebas satu sama lain. Contoh data deret waktu adalah pertumbuhan ekonomi suatu negara pertahun, jumlah penumpang pesawat suatu bandara perbulan, dan data penduduk. Deret waktu dapat muncul dalam berbagai pola seperti pola stasioner, pola tak stasioner, pola musiman, maupun pola tak musiman. Menganalisis deret waktu bertujuan untuk memperoleh model yang sesuai dengan deret waktu yang diamati untuk selanjutnya digunakan sebagai model peramalan deret untuk waktu yang akan datang (Makridakis dkk., 1999).

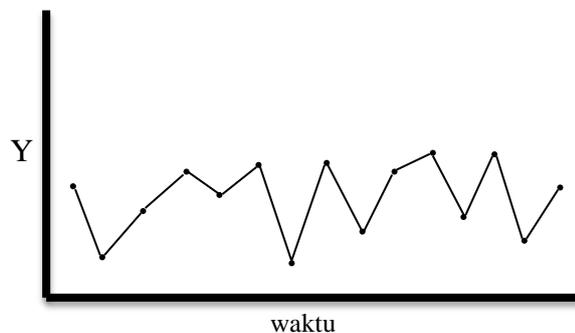
Analisis deret waktu (*time series*) merupakan suatu metode analisis peramalan berbentuk kuantitatif yang mempertimbangkan waktu, di mana data dikumpulkan secara periodik berdasarkan urutan waktu untuk menentukan pola data masa lampau yang telah dikumpulkan secara teratur (Makridakis et al, 1999). *Time Series* adalah metode peramalan yang berdasar pada pemakaian analisa keterkaitan antar variabel yang diperkirakan dengan variabel waktu dengan deret berkala.

### 2.1.2 Data Deret Waktu

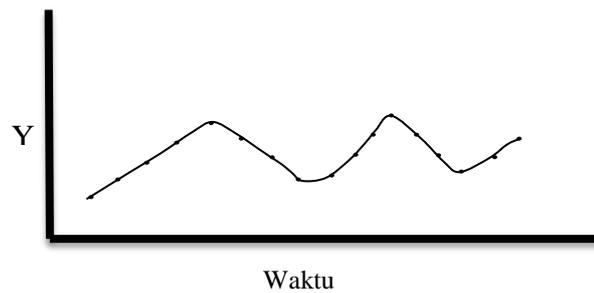
Suatu runtun waktu adalah himpunan observasi berurutan dalam dimensi waktu ataupun dalam dimensi lain. Ciri-ciri analisis runtun waktu yang menonjol adalah bahwa deretan observasi dalam suatu variabel dipandang sebagai realisasi dari variabel random yang berdistribusi sama. Pola data historis yang dimiliki dapat berpola horizontal, yaitu bilamana nilai data berfluktuasi di sekitar rata-rata. Namun dalam kenyataannya data tersebut bervariasi karena dipengaruhi oleh *trend* yaitu rata-rata gerakan penurunan atau pertumbuhan jangka panjang pada serangkaian data historis. Siklis adalah perubahan atau gelombang pasang surut suatu hal yang berulang kembali dalam waktu lebih dari satu tahun. musiman adalah gelombang pasang surut yang berulang kembali dalam waktu sekitar satu tahun (Subagyo, 1986). keempat pola tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



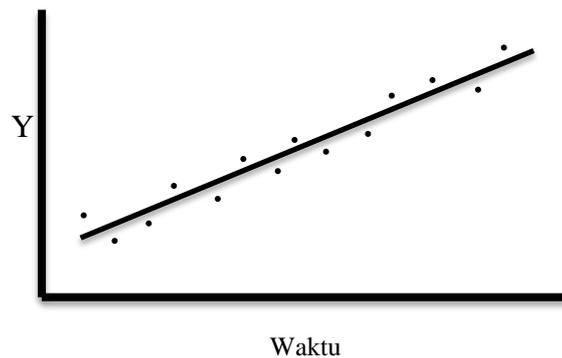
Gambar 2.1 Pola Horizontal



Gambar 2.2 Pola Musiman



Gambar 2.3 Pola Siklis

Gambar 2.4 Pola *Trend*

#### a. Pola Horizontal

Pola horizontal terdapat ketika tidak ada trend dan data, (Secara statistik, hal ini disebut stasioneritas). Ketika pola seperti ini terjadi, data umumnya disebut pola konstan, yang berarti pola itu tidak memiliki trend yang meningkat ataupun menurun secara sistematis sepanjang waktu. Dengan demikian, kemungkinan bahwa nilai berikutnya dalam data ini di atas rata-rata sama besarnya dengan kemungkinan nilai bahwa nilai berikutnya itu berada di bawah rata-rata. Gambar 2.1. memperlihatkan pola horizontal yang umumnya untuk sebuah variabel. Jenis situasi yang umumnya memperlihatkan pola horizontal mencakup produk-produk yang memiliki keadaan yang stabil, misalnya jumlah barang cacat dalam produksi yang stabil, dan kemungkinan penjualan perusahaan dalam periode yang cukup pendek. Waktu umumnya merupakan unsur yang penting dalam pola horizontal, karena dalam jangka waktu pendek.

### b. Pola Musiman

Pola musiman terdapat bila sebuah serial berfluktuasi sesuai dengan beberapa faktor musiman, dapat dilihat pada gambar 2.2. Musim ini dapat berupa bulan atau empat musim dalam setahun, pola musiman terdapat karena sejumlah alasan, yakni berkisar dari cara yang dipilih sebuah perusahaan untuk menangani operasi tertentu, yang disebabkan oleh peristiwa *formejur*. Misalnya naik turunnya curah hujan harian di dalam kurun waktu beberapa tahun mengandung pengaruh musiman.

### c. Pola Siklis

Pola siklis terjadi bilamana data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Misalnya pada penjualan produk seperti mobil. Gambar 2.3. memberikan ilustrasi pola siklis ini sulit diprediksikan, karena tidak berulang dalam interval waktu yang konstan dan panjangnya tidak beragam.

### d. Pola *Trend*

*Trend* terjadi ketika terdapat peningkatan atau penurunan, umumnya nilai variabel di sepanjang waktu. Misalnya, kenaikan permintaan yang disebabkan oleh laju kenaikan jumlah penduduk yang tetap besarnya adalah tergolong pengaruh *trend*, dapat dilihat pada gambar 2.4.

## 2.2 Pengertian Peramalan

Peramalan adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang apa yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasar informasi masa lalu dan sekarang agar kesalahannya (selisih antara apa yang terjadi dengan hasil

perkiraan) dapat diperkecil. Peramalan diperlukan untuk menetapkan kapan suatu peristiwa akan terjadi atau timbul, sehingga tindakan yang tepat dapat dilakukan. (Sri Mulyono, 2000: 05).

Peramalan adalah salah satu unsur yang sangat penting dalam pengambilan keputusan, sebab efektif atau tidaknya suatu keputusan tergantung pada beberapa faktor yang tidak dapat dilihat pada waktu keputusan itu diambil (Soejoeti, 1987).

### **2.3 Metode *Exponential Smoothing***

Metode *Exponential Smoothing* (Makridakis, 1999) merupakan prosedur perbaikan terus-menerus pada peramalan terhadap objek pengamatan terbaru. Metode peramalan ini menitik beratkan pada penurunan prioritas secara eksponensial pada objek pengamatan yang lebih tua. Dalam *Exponential Smoothing* terdapat satu atau lebih parameter yang ditentukan secara eksplisit, dan hasil ini menentukan bobot yang dikenakan pada nilai observasi. Dengan kata lain, observasi terbaru akan diberikan prioritas yang lebih tinggi bagi peramalan daripada observasi yang lebih lama. Salah satu metode *Exponential Smoothing* yang sering digunakan adalah *Single Exponential Smoothing*.

Metode pemulusan tunggal juga dikenal sebagai *Single Exponential Smoothing* (SES) yang digunakan pada peramalan jangka pendek, biasanya hanya satu bulan ke depan. Metode *Single Exponential Smoothing* lebih cocok digunakan untuk meramalkan hal-hal yang fluktuasi secara acak (tidak teratur). Model mengasumsikan bahwa data berfluktuasi di sekitar nilai mean yang tetap, tanpa trend atau pola pertumbuhan konsisten. (Makridakis, 1999). Rumus untuk *Single Exponential Smoothing* adalah sebagai berikut:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t \quad (2.1)$$

dimana:

$F_t$  : peramalan untuk periode  $t$

$X_t$  : nilai aktual *time series*

$F_{t+1}$  : peramalan pada waktu  $t + 1$

$\alpha$  : konstanta perataan antara 0 dan 1

#### 2.4 Ukuran Kesalahan Peramalan

Ketetapan dari suatu metode peramalan merupakan kesesuaian dari suatu metode yang menunjukkan seberapa jauh model peramalan tersebut mampu meramalkan data aktual. Tidak mungkin suatu ramalan benar-benar akurat. Ramalan akan selalu berbeda dengan permintaan aktual. Perbedaan antara nilai ramalan dengan data aktual di sebut kesalahan ramalan. Meskipun suatu jumlah kesalahan tidak dapat dielakkan, namun tujuan ramalan adalah agar kesalahan sekecil mungkin. Model yang memiliki nilai kesalahan hasil peramalan terkecil yang akan dianggap sebagai model yang cocok.

Jika  $X_i$  merupakan data aktual untuk periode  $i$  dan  $F_i$  merupakan ramalan (atau nilai kecocokan/*fitted value*) untuk periode yang sama, maka kesalahan didefinisikan sebagai:

$$e_i = X_i - F_i \quad (2.2)$$

Jika terdapat nilai pengamatan dan ramalan untuk  $n$  periode waktu, maka akan terdapat  $n$  buah kesalahan dan ukuran statistik standar berikut yang dapat didefinisikan: (Makridatis et all, 1999)

Nilai Tengah Kesalahan (*Mean Error*)

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i \quad (2.3)$$

Nilai Tengah Kesalahan Absolut (*Mean Absolute Error*)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (2.4)$$

Jumlah Kesalahan Kuadrat (*Sum of Squared Error*)

$$SSE = \sum (F_t - X_t)^2 \quad (2.5)$$

Nilai Tengah Kesalahan Kuadrat (*Mean Squared Error*)

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (F_t - X_t)^2}{n} \quad (2.6)$$

Deviasi Standar Kesalahan (*Standard Deviation of Error*)

$$SDE = \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2 / (n - 1)} \quad (2.7)$$

Ada juga ukuran-ukuran ketepatan lain yang sering digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu metode peramalan dalam memodelkan data deret waktu, yaitu nilai MAPE (*Mean Percentage Error*), MSD (*Mean Squared Deviation*), MAD (*Mean Absolute Deviation*).

Nilai Tengah Kesalahan Persentase Absolut (*Mean Absolute Percentage Error*) merupakan ukuran ketepatan relatif yang digunakan untuk mengetahui persentase penyimpangan hasil peramalan, dengan persamaan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \left( \frac{X_t - F_t}{X_t} \right) 100 \right|}{n} \quad (2.8)$$

Tabel 2.1 Kriteria Nilai MAPE

Nilai MAPE	Kriteria
<10%	Sangat Baik
20%-20%	Baik
20%-50%	Cukup
>50%	Buruk

Kesalahan Persentase (*Percentage Error*)

$$PE_t = \left( \frac{X_t - F_t}{X_t} \right) \times 100\% \quad (2.9)$$

MAD menyatakan kesalahan ramalan dalam unit yang sama pada data, dengan merata-ratakan nilai kesalahan mutlak seluruh hasil peramalan. Nilai *absolut* berguna untuk menghindari nilai kesalahan positif dan kesalahan negatif saling meniadakan. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y(t) - Y'(t)|}{n} \quad (2.10)$$

Cara lain untuk menghindari kesalahan nilai positif dan kesalahan negatif saling meniadakan adalah dengan mengkuadratkan nilai kesalahan tersebut. MSD merupakan ukuran kesalahan ramalan dengan merata-ratakan kesalahan kuadrat (kesalahan semua ramalan). Persamaannya adalah sebagai berikut:

Dalam fase peramaan penggunaan MSD dan MAD sebagai suatu ukuran ketepatan juga dapat menimbulkan masalah. Ukuran ini tidak memudahkan perbandingan antar deret waktu. Lagi pula, interpretasi nilai MSD tidak intuitif, karena ukuran ini menyangkut pengkuadratan sederetan nilai. Karena alasan tersebut dalam hubungan dengan keterbatasan MSD dan MAD sebagai ukuran ketepatan peramalan, maka dipakai ukuran alternatif sebagai salah satu indikasi ketepatan peramalan, yaitu MAPE.

Untuk memilih model terbaik pada analisis deret waktu, kriteria pemilihan model biasanya didasarkan nilai MSE (*Mean Squared Error*), MAPE (*Mean Square Percentage Error*), MAD (*Mean Absolute Deviation*), dan MSD (*Mean Square Deviation*) yang terkecil.

## 2.5 Metode Estimasi Parameter menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO)

*Ant Colony Optimization* (ACO) diadopsi dari perilaku koloni semut yang dikenal sebagai sistem semut (Dorigo, 1996). Semut mampu mengindra lingkungannya yang kompleks untuk mencari makanan dan kemudian kembali ke sarangnya dengan meninggalkan zat *pheromone* pada rute-rute yang mereka lalui.

*Pheromone* adalah zat kimia yang berasal dari kelenjar endokrin dan digunakan oleh makhluk hidup untuk mengenali sesama jenis, individu lain, kelompok, dan untuk membantu proses reproduksi. Berbeda dengan hormon, *Pheromone* menyebar keluar tubuh dan hanya dapat mempengaruhi dan dikenali oleh individu lain yang sejenis (satu spesies).

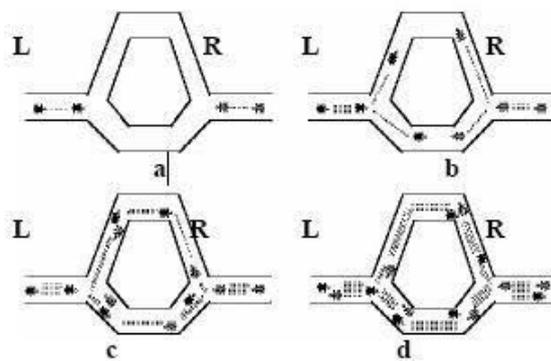
Proses peninggalan *pheromone* ini dikenal sebagai *stigmergy*, yaitu sebuah proses memodifikasi lingkungan yang tidak hanya bertujuan untuk mengingat jalan pulang ke sarang, tetapi juga memungkinkan para semut berkomunikasi dengan koloninya.

Seiring waktu, bagaimanapun juga jejak *pheromone* akan menguap dan akan mengurangi kekuatan daya tariknya. Lebih cepat setiap semut pulang pergi melalui rute tersebut, maka *pheromone* yang menguap lebih banyak.

### 2.5.1 Cara Kerja Semut Menemukan Rute Terpendek dalam ACO

Secara jelasnya cara kerja semut menemukan rute terpendek dalam ACO adalah sebagai berikut: Secara alamiah semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut dapat menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui. Semakin banyak semut yang melalui suatu lintasan, maka akan semakin jelas bekas jejak kakinya. Hal ini akan

menyebabkan lintasan yang dilalui semut dalam jumlah sedikit, semakin lama akan semakin berkurang kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan akan tidak dilewati sama sekali. Sebaliknya lintasan yang dilalui semut dalam jumlah banyak, semakin lama akan semakin bertambah kepadatan semut yang melewatinya, atau bahkan semua semut akan melalui lintasan tersebut (Dorigo, dkk, 1991).



Gambar 2.5 Perjalanan semut mencari sumber makanan  
Sumber: Dorigo (1996)

Gambar 2.5.a di atas menunjukkan ada dua kelompok semut yang akan melakukan perjalanan. Satu kelompok bernama L yaitu kelompok yang berangkat dari arah kiri yang merupakan sarang semut dan kelompok lain yang bernama R yang berangkat dari kanan yang merupakan sumber makanan. Kedua kelompok semut dari titik awal keberangkatan sedang dalam posisi pengambilan keputusan jalan sebelah mana yang akan diambil. Kelompok semut L membagi dua kelompok lagi. Sebagian melalui jalan atas dan sebagian melalui jalan bawah. Hal ini juga berlaku pada kelompok semut R. Gambar 2.5.b dan gambar 2.5.c menunjukkan bahwa kelompok semut berjalan pada kecepatan yang sama dengan meninggalkan *pheromone* (jejak kaki semut) di jalan yang telah dilalui. *Pheromone* yang ditinggalkan oleh semut-semut yang melalui jalan atas telah

mengalami banyak penguapan karena semut yang melalui jalan atas berjumlah lebih sedikit dari pada jalan yang di bawah. Hal ini dikarenakan jarak yang ditempuh lebih panjang dari jalan bawah. Sedangkan *Pheromone* yang berada di jalan bawah, penguapannya cenderung lebih lama. Karena semut yang melalui jalan bawah lebih banyak daripada semut yang melalui jalan atas. Gambar 2.5.d menunjukkan bahwa semut-semut yang lain pada akhirnya memutuskan untuk melewati jalan bawah karena *pheromone* yang ditinggalkan masih banyak. Sedangkan *pheromone* pada jalan atas sudah banyak menguap sehingga semut-semut tidak memilih jalan atas tersebut. Semakin banyak semut yang melalui jalan bawah maka semakin banyak semut yang mengikutinya.

Demikian juga dengan jalan atas, semakin sedikit semut yang melalui jalan atas, maka *pheromone* yang ditinggalkan semakin berkurang bahkan hilang. Dari sinilah kemudian terpilihilah rute terpendek antara sarang dan sumber makanan.

### 2.5.2 Langkah-langkah Algoritma *Ant Colony Optimization*

Langkah-langkah algoritma ACO untuk memecahkan masalah minimisasi adalah sebagai berikut:

Step 1: Asumsikan jumlah semut dalam suatu koloni ( $N$ ). Asumsikan bahwa hanya terdapat 1 rancangan variabel,  $n = 1$ . Diasumsikan nilai diskrit (jalur) yang diperbolehkan dari rancangan variabel  $x_i$  sebagai  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

Masing-masing semut bisa memilih salah satu nilai diskrit (jalur)  $x_{1j}$ . Asumsikan *pheromone* dalam jumlah yang sama di sepanjang masing-masing jalur ( $\tau_{1j}$ ).  $\tau_{1j}$  menunjukkan bilangan iterasi. Untuk mempermudah, dapat diasumsikan  $\tau_{1j}^{(1)} = 1$  untuk semua jalur  $ij$ . Kemudian atur iterasi  $l = 1$ .

Step 2:

a. Hitung probabilitas ( $\tau_{1j}$ ) untuk memilih jalur  $x_{ij}$  sebagai berikut:

$$p_{ij} = \frac{\tau_{1j}^{(1)}}{\sum_{m=1}^p \tau_{1m}^{(1)}}; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p \quad (2.11)$$

b. Jalur tertentu (atau nilai diskrit) yang dipilih oleh semut-semut dapat ditentukan menggunakan bilangan acak yang dihasilkan dalam *range* (0,1).

Step 3:

(a) Hasilkan bilangan acak  $r_1, r_2, \dots, r_N$  dalam *range* (0,1), satu bilangan untuk setiap semut. Tentukan nilai diskrit (jalur yang diasumsikan oleh semut  $k$  untuk variabel  $i$ ).

(b) Evaluasi nilai fungsi tujuan yang sesuai dengan jalur lengkap (nilai  $x_{ij}$  yang dipilih untuk semua variabel desain  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  oleh semut  $k, k = 1, 2, \dots, N$ ):

$$f_k = f(X^{(k)}); k = 1, 2, \dots, N \quad (2.12)$$

Tentukan jalur terbaik dan terburuk di antara  $N$  yang dipilih oleh semut yang berbeda:

$$f_{best} = k = 1, 2, \dots, N^{\{F_k\}} \quad (2.13)$$

$$f_{worst} = k = 1, 2, \dots, N^{\{F_k\}} \quad (2.14)$$

Step 4:

Menguji konvergensi dari proses. Proses tersebut diasumsikan telah bertemu jika semua semut  $N$  mengambil jalur yang sama. Jika penyatuan tidak tercapai, asumsikan semua semut kembali ke rumah dan mulai lagi mencari makanan. Tetapkan nomor iterasi baru sebagai  $l = l + 1$ , dan perbarui *pheromone* pada jalur yang berbeda sebagai berikut:

$$\tau_{1j}^{(l)} = \tau_{1j}^{(old)} + \sum_k \Delta\tau_{ij}^{(k)} \quad (2.15)$$

Di mana  $\tau_{1j}^{(old)}$  menunjukkan jumlah *pheromone* dari iterasi sebelumnya yang tersisa setelah penguapan, sebagai berikut:

$$\tau_{1j}^{(old)} = (1 - \rho) \tau_{1j}^{(l-1)} \quad (2.16)$$

Dan  $\Delta\tau_{ij}^{(k)}$  adalah *pheromone* yang disimpan oleh semut terbaik di jalurnya. Perhatikan bahwa jalur terbaik hanya melibatkan satu jalur *ij* (dari *p* kemungkinan jalur).

$$\Delta\tau_{ij}^{(k)} = \frac{\zeta f_{best}}{f_{worst}} \quad (2.17)$$

Dengan nilai baru  $\tau_{1j}^{(l)}$ , lanjutkan ke Step 2. Step 2,3, dan 4 diulangi hingga semua semut memilih jalur terbaik yang sama.

## 2.6 Kajian Islam tentang Transportasi

Menurut Salim (2000) transportasi adalah kegiatan pemindahan barang (muatan) dan penumpang dari suatu tempat ke tempat yang lain. Dalam Islam, transportasi sudah dibahas dalam al-Qur'an seperti firman Allah SWT pada surat-surat berikut:

a. Al-Baqarah ayat 164

وَالْفُلُكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَع النَّاسَ

Artinya: "Dan kapal yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia." (QS. Al-Baqarah:164)

## b. Al-Ghafir ayat 79-80

اللَّهُ الَّذِي جَعَلَ لَكُمْ الْأَنْعَامَ لِتَرْكَبُوا مِنْهَا وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ (٧٩) وَلَكُمْ فِيهَا مَنَافِعُ وَلِتَبَلَّغُوا عَلَيْهَا حَاجَةً مِنْ صُدُورِكُمْ وَعَلَيْهَا وَعَلَى الْفُلْكِ تُحْمَلُونَ (٨٠)

Artinya: “Allah lah yang menjadikan hewan ternak untukmu, sebagian untuk kamu kendarai dan sebagian lagi kamu makan. Dan bagi kamu (ada lagi) manfaat-manfaat yang lain pada (hewan ternak itu) dan agar kamu mencapai suatu keperluan (tujuan) yang tersimpan dalam hatimu (dengan mengendarainya). Dan dengan mengendarai binatang-binatang itu, dan di atas kapal mereka diangkut.” (QS. Al-Ghafir: 79-80)

## c. An-Nahl ayat 8

وَالْحَيْلَ وَالْبَعَالَ وَالْحَمِيرَ لِتَرْكَبُوهَا وَزِينَةً وَيَخْلُقُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Artinya: “Dan (Dia telah menciptakan) kuda, bighal, dan keledai, agar kamu menungganginya dan (menjadikannya) perhiasan, dan Allah menciptakan apa yang kamu tidak mengetahuinya.” (QS. Al-Nahl: 8)

## d. Al-Mulk ayat 19

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الطَّيْرِ فَوْقَهُمْ صَافَاتٍ وَيَقْبِضْنَ مَا يُمَسِّكُهُنَّ إِلَّا الرَّحْمَنُ

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memperhatikan burung-burung yang mengembangkan dan mengatupkan sayapnya di atas mereka? Tidak ada yang menahannya (di udara) selain yang maha pemurah.” (Al-Mulk: 19)

Transportasi sudah dilakukan oleh orang-orang terdahulu, termasuk pada masa nabi Muhammad SAW. Seperti hadist nabi dari Abu Hurairah r.a yang berbunyi:

إِيَّاكُمْ أَنْ تَتَّخِذُوا طُهُورَ دَوَابِّكُمْ مَنَابِرَ فَإِنَّ اللَّهَ إِذَا سَحَّرَهَا لَكُمْ لِتَبْلُغُكُمْ إِلَى بَلَدٍ لَمْ تَكُونُوا بِالْغَيْهِ إِلَّا بِشِقِّ الْأَنْفُسِ  
وَجَعَلَ لَكُمْ الْأَرْضَ فَعَلَيْهَا فَاقْضُوا حَاجَتَكُمْ

Artinya: “Janganlah kalian menjadikan punggung-punggung hewan tunggangan kalian sebagai mimbar (semata-mata sebagai tempat duduk). Sesungguhnya Allah menundukkannya untuk kalian supaya mengantarkan ke negeri yang belum pernah kalian capai kecuali dengan bersusah payah. Dan Allah menciptakan bumi untuk kalian, maka hendaklah kalian tunaikan kebutuhan kalian di atas tanah.” (HR. Abu Dawud).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan data yang digunakan berupa angka atau data numerik dengan bantuan studi literatur. Studi literatur dalam penelitian merupakan metode penelitian yang dijadikan sumber dalam penyelesaian masalah dengan kajian kepustakaan.

#### **3.2 Sumber Data**

Sumber data yang digunakan berasal dari data yang telah dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik. Data ini adalah data sekunder yang merupakan data jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda periode bulan Januari 2014 sampai bulan Desember 2019, yang diperoleh dari <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/812> pada tanggal 5 Januari 2020.

#### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda yang diambil mulai bulan Januari 2014 sampai bulan Desember 2019.

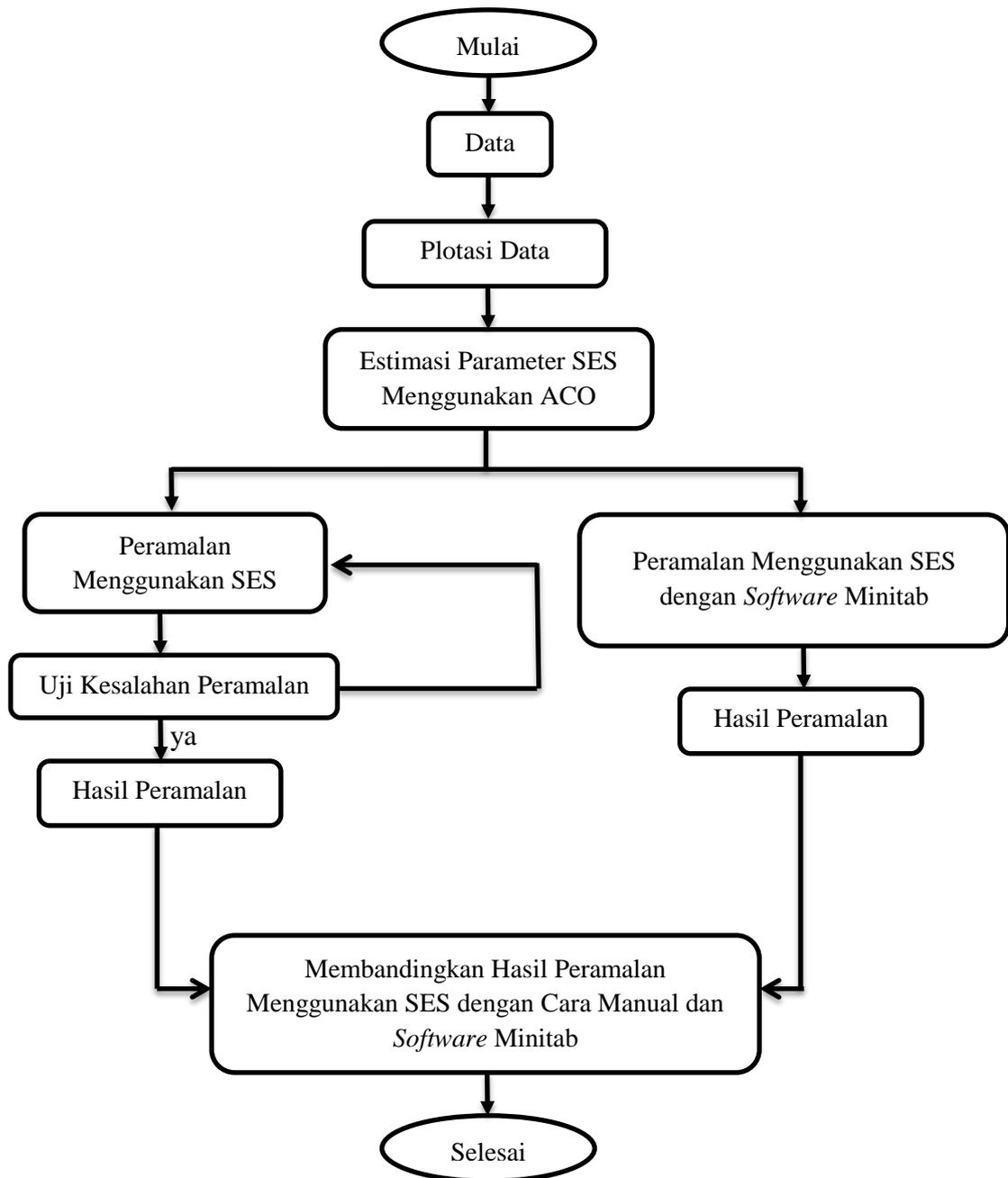
### 3.4 Analisis Data

Implementasi metode *Exponential Smoothing* menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) dalam meramalkan jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara internasional Juanda dapat dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

1. Estimasi parameter *Exponential Smoothing* menggunakan *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menggambarkan jumlah penumpang di Bandara Internasional Juanda.
  - a. Mengasumsikan jumlah semut dalam suatu koloni ( $N$ ), hanya terdapat 1 rancangan variabel,  $n = 1$ , dan nilai diskrit (jalur) yang diperbolehkan dari rancangan variabel  $\alpha_i$  sebagai  $\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{ip}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Masing-masing semut memilih salah satu nilai diskrit (jalur)  $\alpha_{1j}$ . Diasumsikan *pheromone* dalam jumlah yang sama di sepanjang masing-masing jalur ( $\tau_{1j}$ ). Tentukan iterasi  $l = 1$ .
  - b. Menghitung probabilitas ( $\tau_{1j}$ ) untuk memilih jalur  $\alpha_{ij}$ . Jalur tertentu (atau nilai diskrit) yang dipilih oleh semut-semut dapat ditentukan menggunakan bilangan acak yang dihasilkan dalam *range* (0,1).
  - c. Mengasumsikan bilangan acak  $r_1, r_2, \dots, r_N$  dalam *range* (0,1), satu bilangan untuk setiap semut. menentukan nilai diskrit (jalur yang diasumsikan oleh semut  $k$ ). Mengevaluasi nilai fungsi tujuan yang sesuai dengan jalur lengkap yang dipilih oleh semut  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, N$ ). Menentukan jalur terbaik dan terburuk di antara  $N$  yang dipilih oleh semut yang berbeda.

- d. Diasumsikan semua semut kembali ke rumah dan mulai lagi mencari makanan. Ditetapkan nomor iterasi baru sebagai  $l = l + 1$ , dan *pheromone* diperbarui pada jalur yang berbeda.
  - e. Dengan nilai baru *pheromone*  $\tau_{1j}^{(l)}$ , dilanjutkan ke langkah b,c, dan d. diulangi hingga semua semut memilih jalur terbaik yang sama, sehingga didapatkan jalur terbaik (parameter terbaik).
2. Meramalkan jumlah penumpang pada bulan Januari 2020 menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* dengan menggunakan nilai parameter terbaik yang sudah didapatkan menggunakan algoritma ACO. Dilakukan uji kesalahan peramalan menggunakan MSE dan MAPE.
  3. Meramalkan menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* dengan *software* Minitab sebagai pembanding hasil peramalan secara manual.

### 3.5 Diagram Alir Analisis Data

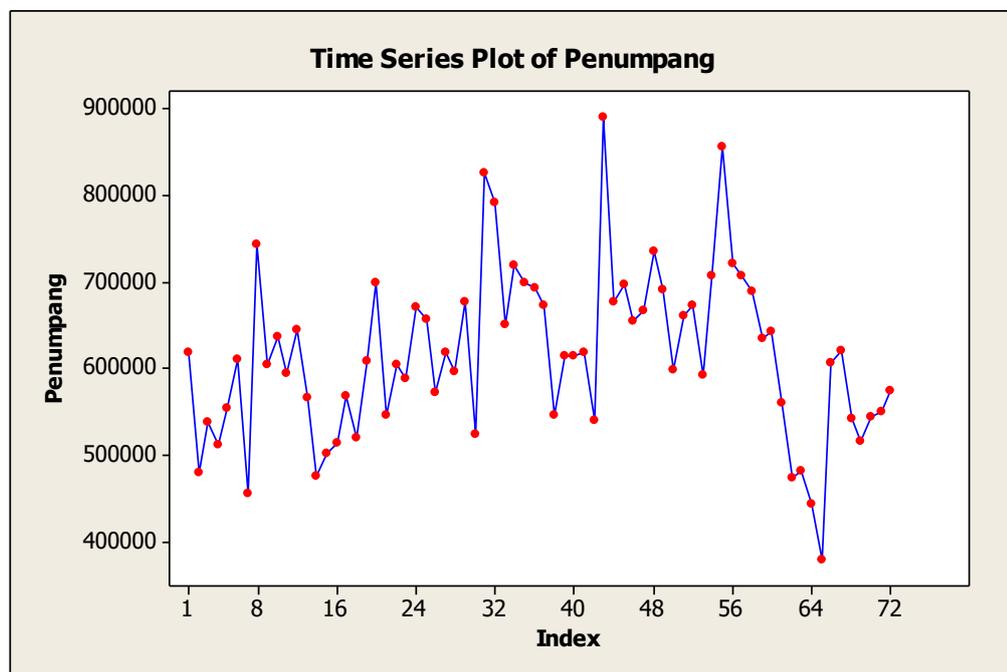


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Plotasi Data

Plot data aktual jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di Bandara Internasional Juanda yang diambil mulai bulan Januari 2014 sampai bulan Desember 2019 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Plot Data Penumpang

Pada Gambar 4.1 di atas, dapat dilihat bahwa rata-rata jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda selama 72 bulan terakhir (Januari 2014 – Desember 2019) adalah 614516 penumpang. Jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda terendah dalam kurun waktu 72 bulan adalah 378933 penumpang yaitu pada bulan Mei tahun 2019. Sedangkan yang terbanyak adalah pada bulan Juli tahun 2017 yaitu sebanyak 889548 penumpang.

#### 4.2 Estimasi Parameter Metode *Single Exponential Smoothing* Menggunakan *Ant Colony Optimization* untuk Menggambarkan Jumlah Penumpang di Bandara Internasional Juanda

Mencari nilai parameter *Single Exponential Smoothing* ( $\alpha$ ) yang meminimumkan MSE diisyaratkan dengan persamaan 2.1 menggunakan metode *Ant Colony Optimization*, dengan nilai  $\alpha$  berada di dalam *range* (0,1).

Asumsi jumlah dari semut-semut adalah 6 ( $N = 6$ ). Catat bahwa hanya terdapat 1 rancangan variabel,  $n = 1$ . Diasumsikan nilai diskrit (jalur) yang diperbolehkan dari  $\alpha = \alpha_1$ , dalam rentang  $\alpha^*$ , yaitu jumlah jalur sebanyak 9 ( $p = 9$ ):

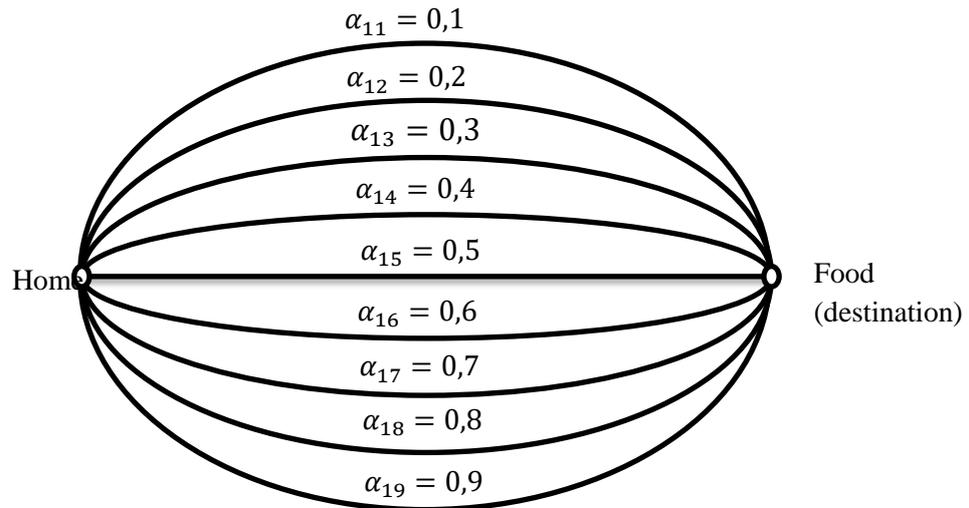
$$\alpha_{11} = 0,1 ; \alpha_{12} = 0,2 ; \alpha_{13} = 0,3 ; \alpha_{14} = 0,4 ; \alpha_{15} = 0,5 ;$$

$$\alpha_{16} = 0,6 ; \alpha_{17} = 0,7 ; \alpha_{18} = 0,8 ; \alpha_{19} = 0,9$$

Masing-masing semut memilih salah satu nilai diskrit (jalur)  $\alpha_{1j}$ , dengan  $j = 1,2,\dots,9$ . ditunjukkan pada gambar 4.2. Diasumsikan *pheromone* ( $\tau_{1j}$ ) dalam jumlah yang sama di sepanjang masing-masing jalur, ditunjukkan pada gambar 4.2. lebih sederhananya,  $\tau_{1j} = 1$  untuk  $j = 1,2,\dots,9$ . Nomor iterasi sebagai  $l = 1$ .

Untuk setiap semut  $k$ , probabilitas pemilihan jalur (variabel diskrit)  $\alpha_{1j}$  berdasarkan persamaan 2.11 yaitu sebagai berikut:

$$p_{1j} = \frac{\tau_{1j}}{\sum_{p=1}^9 \tau_{1p}} = \frac{1}{9}$$



Gambar 4.2 Jalur yang mungkin dilalui semut

Untuk memilih jalur tertentu (atau variabel terpisah) yang dipilih oleh semut menggunakan angka acak yang dihasilkan dalam rentang  $(0, 1)$ , rentang probabilitas kumulatif dikaitkan dengan jalur yang berbeda dari Gambar 4.2:

$$\alpha^*_{11} = \left(0, \frac{1}{9}\right) = (0,0 , 0,1111) , \alpha^*_{12} = \left(\frac{1}{9}, \frac{2}{9}\right) = (0,1111 , 0,2222)$$

$$\alpha^*_{13} = \left(\frac{2}{9}, \frac{3}{9}\right) = (0,2222 , 0,3333) , \alpha^*_{14} = \left(\frac{3}{9}, \frac{4}{9}\right) = (0,3333 , 0,4444)$$

$$\alpha^*_{15} = \left(\frac{4}{9}, \frac{5}{9}\right) = (0,4444 , 0,5555) , \alpha^*_{16} = \left(\frac{5}{9}, \frac{6}{9}\right) = (0,5555 , 0,6666)$$

$$\alpha^*_{17} = \left(\frac{6}{9}, \frac{7}{9}\right) = (0,6666 , 0,7777) , \alpha^*_{18} = \left(\frac{7}{9}, \frac{8}{9}\right) = (0,7777 , 0,8888)$$

$$\alpha^*_{19} = \left(\frac{8}{9}, \frac{9}{9}\right) = (0,8888 , 1)$$

Selanjutnya, dibangkitkan 6 bilangan acak  $r_i (i = 1,2,3,4,5,6)$  di dalam rentang  $(0, 1)$ , Satu untuk setiap semut sebagai  $r_1 = 0,1257 , r_2 = 0,4967 , r_3 = 0,6153 , r_4 = 0,7468 , r_5 = 0,9655 , r_6 = 0,2945$ . Jika  $r_i \in \alpha^*_{1j}$  maka semut ke- $i$  akan memilih jalur  $\alpha_{1j}$ . Dengan menggunakan kisaran probabilitas kumulatif (diberikan pada langkah 2), nilai diskrit yang diasumsikan (atau jalur yang dipilih pada Gambar 4.2) oleh semut yang berbeda dapat dilihat sebagai berikut:

Karena nilai  $r_1 = 0,1257$ , maka nilai tersebut berada di antara 0,1111 dan 0,2222, sehingga

*semut 1* memilih jalur  $\alpha_{12} = 0,2$

*semut 2*:  $\alpha_{15} = 0,5$

*semut 3*:  $\alpha_{16} = 0,6$

*semut 4*:  $\alpha_{17} = 0,7$

*semut 5*:  $\alpha_{19} = 0,9$

*semut 6*:  $\alpha_{13} = 0,3$

Setelah mendapatkan jalur masing-masing semut, maka nilai tersebut dimasukkan dalam fungsi objektif  $f(\alpha)$ . Dalam penelitian ini, fungsi objektifnya adalah meminimumkan SSE pada persamaan 2.5, dengan kata lain:

$$f(\alpha) = \sum (F_t - X_t)^2 \quad (4.1)$$

Berdasarkan persamaan 4.1, diperoleh fungsi untuk masing-masing semut adalah:

$$\text{semut 1: } f_1 = f(\alpha_{12}) = f(0,2) = 639607823273$$

$$\text{semut 2: } f_2 = f(\alpha_{15}) = f(0,5) = 569572922332$$

$$\text{semut 3: } f_3 = f(\alpha_{16}) = f(0,6) = 584624970249$$

$$\text{semut 4: } f_4 = f(\alpha_{13}) = f(0,3) = 570845011420$$

$$\text{semut 5: } f_5 = f(\alpha_{19}) = f(0,9) = 687817807140$$

$$\text{semut 6: } f_6 = f(\alpha_{17}) = f(0,7) = 609218509641$$

Terlihat bahwa jalur yang diambil oleh *semut 2* (dengan nilai minimum fungsi objektif):  $f_{best} = f_2 = 569572922332$  dan  $\alpha_{best} = \alpha_{15} = 0,5$  adalah yang terbaik. Sedangkan jalur yang diambil oleh *semut 1* (dengan nilai maksimum dari fungsi objektif):  $f_{worst} = f_5 = 687817807140$  dan  $\alpha_{worst} = \alpha_{19} = 0,9$  adalah yang terburuk.

Diasumsikan semut kembali ke rumah dan mulai lagi mencari makanan, Ditetapkan nomor iterasi sebagai  $l = 2$ . Perbarui *pheromone* berdasarkan persamaan 2.15, Nilai  $\sum_k \Delta\tau^k$  dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.17 sebagai berikut:

$$\sum_k \Delta\tau^k = \Delta\tau^{(k=1)} = \frac{\zeta f_{best}}{f_{worst}} = \frac{(2)(569572922332)}{(687817807140)} = 1,6561$$

Di mana parameter skala  $\zeta$  diasumsikan 2. Berdasarkan persamaan 2.16, menggunakan faktor peluruhan *pheromone*  $\rho = 0,5$ ,  $\tau_{1j}^{(old)}$  didapatkan

$$\tau_{1j}^{(old)} = (1 - 0,5)\tau_{1j}^{(1)} = 0,5(1,0) = 0,5 \text{ untuk } j = 1,2,3,4,6,7,8,9$$

Kemudian, menggunakan persamaan 2.15 didapatkan didapatkan *pheromone* terbaru yaitu:

$$\tau_{1j}^{(2)} = 1,0 + 1,6561 = 2,6561 \text{ untuk } j = 5$$

dan

$$\tau_{1j}^{(2)} = 0,5 \text{ untuk } j = 1,2,3,4,6,7,8,9.$$

Untuk setiap semut  $k$ , probabilitas pemilihan jalur (variabel diskrit)  $\alpha_{1j}$  dengan menggunakan persamaan 2.11, di mana  $\tau_{1j} = 0,5$  untuk  $j = 1,2,3,4,6,7,8,9$  dan  $\tau_{15} = 2,6561$ . Sehingga

$$p_{1j} = \frac{0,5}{9,0} = 0,0555; j = 1,2,3,4,6,7,8,9; p_{15} = \frac{2,6561}{9,0} = 0,2951$$

Untuk menentukan nilai diskrit atau jalur yang dipilih oleh semut menggunakan nomor acak yang dipilih dalam rentang (0, 1), probabilitas kumulatif dikaitkan dengan jalur yang berbeda dihasilkan rentang terbaru sebagai berikut sebagai:

$$\alpha^*_{11} = (0,0, 0,0555), \alpha^*_{12} = (0,0555, 0,111), \alpha^*_{13} = (0,111, 0,1665)$$

$$\alpha^*_{14} = (0,1665, 0,222), \alpha^*_{15} = (0,222, 0,5171), \alpha^*_{16} = (0,5171, 0,5726)$$

$$\alpha^*_{17} = (0,5726, 0,6281), \alpha^*_{18} = (0,6281, 0,6836), \alpha^*_{19} = (0,6836, 0,7391)$$

Dibangkitkan 6 bilangan acak  $r_i (i = 1,2,3,4,5,6)$  di dalam rentang  $(0, 1)$ , satu untuk masing-masing semut sebagai  $r_1 = 0,03664, r_2 = 0,2477, r_3 = 0,6297, r_4 = 0,5116, r_5 = 0,3892, r_6 = 0,5467$ . Dengan menggunakan kisaran probabilitas kumulatif, nilai diskrit yang diasumsikan (atau jalur yang dipilih pada Gambar 4.2) oleh semut yang berbeda dapat dilihat sebagai:

$$\text{semut 1: } \alpha_{11} = 0,1; \text{ semut 2: } \alpha_{15} = 0,5; \text{ semut 3: } \alpha_{18} = 0,8$$

$$\text{semut 4: } \alpha_{15} = 0,5; \text{ semut 5: } \alpha_{15} = 0,5; \text{ semut 6: } \alpha_{14} = 0,4$$

Hal ini menunjukkan bahwa 3 semut (secara probabilistik) memilih jalur  $\alpha_{15}$  karena *pheromone* yang lebih tinggi tertinggal di jalur terbaik ( $\alpha_{15}$ ) yang ditemukan pada iterasi sebelumnya. Setelah mendapatkan jalur masing-masing semut, maka nilai tersebut dimasukkan dalam fungsi objektif  $f(\alpha)$ . Dalam penelitian ini, fungsi objektifnya adalah meminimumkan SSE pada persamaan 2.5. Berdasarkan persamaan 4.1, diperoleh fungsi untuk masing-masing semut adalah:

$$\text{semut 1: } f_1 = f(\alpha_{11}) = f(0,1) = 639607823273$$

$$\text{semut 2: } f_2 = f(\alpha_{15}) = f(0,5) = 569572922332$$

$$\text{semut 3: } f_3 = f(\alpha_{18}) = f(0,8) = 643358787005$$

$$\text{semut 4: } f_4 = f(\alpha_{15}) = f(0,5) = 569572922332$$

$$\text{semut 5: } f_5 = f(\alpha_{15}) = f(0,5) = 569572922332$$

$$\text{semut 6: } f_6 = f(\alpha_{14}) = f(0,4) = 564622817753$$

Terlihat bahwa jalur yang ditempuh *semut 6* dengan hasil terkecil dimana  $f_{best} = f_6 = 564622817753$  dan  $\alpha_{best} = \alpha_{14} = 0,4$  adalah jalur terbaik.

Sedangkan jalur yang diambil oleh *semut* 3 dengan hasil terbesar dimana  $f_{worst} = f_3 = 643358787005$  dan  $\alpha_{worst} = \alpha_{18} = 0,8$  adalah jalur terburuk.

Diasumsikan semut kembali ke rumah dan mulai lagi mencari makanan, Ditetapkan nomor iterasi sebagai  $l = 3$ . Perbarui *pheromone* berdasarkan persamaan 2.15, Nilai  $\sum_k \Delta\tau^k$  dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.17 sebagai berikut:

$$\sum_k \Delta\tau^k = \Delta\tau^{(k=1)} = \frac{\zeta f_{best}}{f_{worst}} = \frac{(2)(564622817753)}{(643358787005)} = 1,7552$$

Di mana parameter skala  $\zeta$  diasumsikan 2. Berdasarkan persamaan 2.16, menggunakan faktor peluruhan *pheromone*  $\rho = 0,5$ ,  $\tau_{1j}^{(old)}$  didapatkan

$$\tau_{1j}^{(old)} = (1 - 0,5)\tau_{1j}^{(1)} = 0,5(1,0) = 0,5 \text{ untuk } j = 1,2,3,5,6,7,8,9$$

Kemudian, menggunakan persamaan 2.15 didapatkan didapatkan *pheromone* terbaru yaitu:

$$\tau_{1j}^{(2)} = 1,0 + 1,7552 = 2,7552 \text{ untuk } j = 4$$

dan

$$\tau_{1j}^{(2)} = 0,5 \text{ untuk } j = 1,2,3,5,6,7,8,9.$$

Untuk setiap semut  $k$ , probabilitas pemilihan jalur (variabel diskrit)  $\alpha_{1j}$  dengan menggunakan persamaan 2.11, di mana  $\tau_{1j} = 0,5$  untuk  $j = 1,2,3,5,6,7,8,9$  dan  $\tau_{14} = 2,7552$ . Sehingga

$$p_{1j} = \frac{0,5}{9,0} = 0,0555; j = 1,2,3,5,6,7,8,9; p_{15} = \frac{2,7552}{9,0} = 0,3061$$

Untuk menentukan nilai diskrit atau jalur yang dipilih oleh semut menggunakan nomor acak yang dipilih dalam rentang (0, 1), probabilitas kumulatif dikaitkan dengan jalur yang berbeda dihasilkan rentang terbaru sebagai berikut sebagai:

$$\alpha^*_{11} = (0,0, 0,0555), \alpha^*_{12} = (0,0555, 0,111), \alpha^*_{13} = (0,111, 0,1665)$$

$$\alpha^*_{14} = (0,1665, 0,4726), \alpha^*_{15} = (0,4726, 0,5281), \alpha^*_{16} = (0,5281, 0,5836)$$

$$\alpha^*_{17} = (0,5836, 0,6391), \alpha^*_{18} = (0,6391, 0,6946), \alpha^*_{19} = (0,6946, 0,7501)$$

Membangkitkan 6 bilangan acak  $r_i (i = 1,2,3,4,5,6)$  di dalam rentang  $(0, 1)$ , satu untuk masing-masing semut sebagai  $r_1 = 0,3684, r_2 = 0,2477, r_3 = 0,4297, r_4 = 0,4116, r_5 = 0,3892, r_6 = 0,1997$ . Dengan menggunakan kisaran probabilitas kumulatif, nilai diskrit yang diasumsikan (atau jalur yang dipilih pada Gambar 4.2) oleh semut yang berbeda dapat dilihat sebagai:

$$\text{semut 1: } \alpha_{14} = 0,4; \text{ semut 2: } \alpha_{14} = 0,4; \text{ semut 3: } \alpha_{14} = 0,4$$

$$\text{semut 4: } \alpha_{15} = 0,4; \text{ semut 5: } \alpha_{14} = 0,4; \text{ semut 6: } \alpha_{14} = 0,4$$

Hal ini menunjukkan bahwa semua semut (secara probabilistik) memilih jalur  $\alpha_{14}$  karena *pheromone* yang lebih tinggi tertinggal di jalur terbaik ( $\alpha_{14}$ ) yang ditemukan pada iterasi sebelumnya. Setelah mendapatkan jalur masing-masing semut, maka nilai tersebut dimasukkan dalam fungsi objektif  $f(\alpha)$ . Dalam penelitian ini, fungsi objektifnya adalah meminimumkan SSE pada persamaan 2.5. Berdasarkan persamaan 4.1, diperoleh fungsi untuk masing-masing semut adalah:

$$\text{semut 1: } f_1 = f(\alpha_{14}) = f(0,4) = 564622817753$$

$$\text{semut 2: } f_2 = f(\alpha_{14}) = f(0,4) = 564622817753$$

$$\text{semut 3: } f_3 = f(\alpha_{14}) = f(0,4) = 564622817753$$

$$\text{semut 4: } f_4 = f(\alpha_{14}) = f(0,4) = 564622817753$$

$$\text{semut 5: } f_5 = f(\alpha_{14}) = f(0,4) = 564622817753$$

$$\text{semut 6: } f_6 = f(\alpha_{14}) = f(0,4) = 564622817753$$

Terlihat bahwa semua semut menempuh jalur dengan hasil terkecil dimana  $f_{best} = f_4 = 493061,1$  dan  $\alpha_{best} = \alpha_{14} = 0,4$  adalah jalur terbaik. Karena  $\alpha_{14}$  adalah jalur terbaik, maka dapat diambil kesimpulan bahwa 0,4 adalah nilai parameter ( $\alpha$ ) terbaik metode *Single Exponential Smoothing*.

### 4.3 Meramalkan Jumlah Penumpang pada Bulan Januari 2020 Menggunakan Metode *Single Exponential Smoothing* dengan Menggunakan Nilai Parameter Terbaik yang Sudah Didapatkan Menggunakan *Ant Colony Optimization*

Digunakan persamaan 2.1, karena nilai peramalan pertama ( $F_1$ ) tidak diketahui, dapat digunakan nilai observasi pertama ( $X_1$ ) sebagai ramalan pertama ( $F_1 = X_1$ ).

$$F_2 = (0,4)(617828) + (1 - 0,4)(617838) = 617838$$

$$F_3 = (0,4)(479197) + (1 - 0,4)(617838) = 562382$$

$$F_4 = (0,4)(538497) + (1 - 0,4)(562382) = 552828$$

$$F_5 = (0,4)(510996) + (1 - 0,4)(552828) = 536095$$

$$F_6 = (0,4)(554213) + (1 - 0,4)(536095) = 543342$$

$$F_7 = (0,4)(609753) + (1 - 0,4)(543342) = 569907$$

$$F_8 = (0,4)(455747) + (1 - 0,4)(569907) = 524243$$

$$F_9 = (0,4)(743304) + (1 - 0,4)(524243) = 611867$$

$$F_{10} = (0,4)(604342) + (1 - 0,4)(611867) = 608857$$

$$F_{11} = (0,4)(636143) + (1 - 0,4)(608857) = 619771$$

$$F_{12} = (0,4)(593137) + (1 - 0,4)(619771) = 609118$$

$$F_{13} = (0,4)(644533) + (1 - 0,4)(609118) = 623284$$

$$F_{14} = (0,4)(565027) + (1 - 0,4)(623284) = 599981$$

$$F_{15} = (0,4)(474994) + (1 - 0,4)(599981) = 549986$$

$$F_{16} = (0,4)(501031) + (1 - 0,4)(549986) = 530404$$

$$F_{17} = (0,4)(513301) + (1 - 0,4)(530404) = 523563$$

$$F_{18} = (0,4)(568271) + (1 - 0,4)(523563) = 541446$$

$$F_{19} = (0,4)(518583) + (1 - 0,4)(541446) = 532301$$

$$F_{20} = (0,4)(608491) + (1 - 0,4)(532301) = 562777$$

$$F_{21} = (0,4)(699254) + (1 - 0,4)(562777) = 617370$$

$$F_{22} = (0,4)(545042) + (1 - 0,4)(617370) = 588439$$

$$F_{23} = (0,4)(605010) + (1 - 0,4)(588439) = 595067$$

$$F_{24} = (0,4)(597291) + (1 - 0,4)(595067) = 591957$$

$$F_{25} = (0,4)(671396) + (1 - 0,4)(591957) = 623732$$

$$F_{26} = (0,4)(656208) + (1 - 0,4)(623732) = 636723$$

$$F_{27} = (0,4)(571726) + (1 - 0,4)(636723) = 610724$$

$$F_{28} = (0,4)(618357) + (1 - 0,4)(610724) = 613777$$

$$F_{29} = (0,4)(596083) + (1 - 0,4)(613777) = 606700$$

$$F_{30} = (0,4)(675702) + (1 - 0,4)(606700) = 634301$$

$$F_{31} = (0,4)(523451) + (1 - 0,4)(634301) = 589961$$

$$F_{32} = (0,4)(825715) + (1 - 0,4)(589961) = 684263$$

$$F_{33} = (0,4)(792232) + (1 - 0,4)(684263) = 727450$$

$$F_{34} = (0,4)(649375) + (1 - 0,4)(727450) = 696220$$

$$F_{35} = (0,4)(718451) + (1 - 0,4)(696220) = 705113$$

$$F_{36} = (0,4)(699285) + (1 - 0,4)(705113) = 702782$$

$$F_{37} = (0,4)(693048) + (1 - 0,4)(702782) = 698888$$

$$F_{38} = (0,4)(672153) + (1 - 0,4)(698888) = 688194$$

$$F_{39} = (0,4)(546280) + (1 - 0,4)(688194) = 631428$$

$$F_{40} = (0,4)(613925) + (1 - 0,4)(631428) = 624427$$

$$F_{41} = (0,4)(615053) + (1 - 0,4)(624427) = 620677$$

$$F_{42} = (0,4)(618375) + (1 - 0,4)(620677) = 619756$$

$$F_{43} = (0,4)(539747) + (1 - 0,4)(619756) = 587753$$

$$F_{44} = (0,4)(889548) + (1 - 0,4)(587753) = 708471$$

$$F_{45} = (0,4)(676016) + (1 - 0,4)(708471) = 695489$$

$$F_{46} = (0,4)(696308) + (1 - 0,4)(695489) = 695817$$

$$F_{47} = (0,4)(655005) + (1 - 0,4)(695817) = 679492$$

$$F_{48} = (0,4)(666423) + (1 - 0,4)(679492) = 674264$$

$$F_{49} = (0,4)(735560) + (1 - 0,4)(674264) = 698783$$

$$F_{50} = (0,4)(689756) + (1 - 0,4)(698783) = 695172$$

$$F_{51} = (0,4)(597290) + (1 - 0,4)(695172) = 656019$$

$$F_{52} = (0,4)(660707) + (1 - 0,4)(656019) = 657894$$

$$F_{53} = (0,4)(671763) + (1 - 0,4)(657894) = 663442$$

$$F_{54} = (0,4)(592835) + (1 - 0,4)(663442) = 635199$$

$$F_{55} = (0,4)(706375) + (1 - 0,4)(635199) = 663668$$

$$F_{56} = (0,4)(856010) + (1 - 0,4)(663668) = 740605$$

$$F_{57} = (0,4)(720669) + (1 - 0,4)(740605) = 732631$$

$$F_{58} = (0,4)(706926) + (1 - 0,4)(732631) = 722349$$

$$F_{59} = (0,4)(688559) + (1 - 0,4)(722349) = 708833$$

$$F_{60} = (0,4)(634155) + (1 - 0,4)(708833) = 678960$$

$$F_{61} = (0,4)(642080) + (1 - 0,4)(678960) = 664208$$

$$F_{62} = (0,4)(560242) + (1 - 0,4)(664208) = 622622$$

$$F_{63} = (0,4)(473070) + (1 - 0,4)(622622) = 562801$$

$$F_{64} = (0,4)(481147) + (1 - 0,4)(562801) = 530139$$

$$F_{65} = (0,4)(443457) + (1 - 0,4)(530139) = 495466$$

$$F_{66} = (0,4)(378933) + (1 - 0,4)(495466) = 448853$$

$$F_{67} = (0,4)(607024) + (1 - 0,4)(448853) = 512121$$

$$F_{68} = (0,4)(620237) + (1 - 0,4)(512121) = 555368$$

$$F_{69} = (0,4)(541273) + (1 - 0,4)(555368) = 549730$$

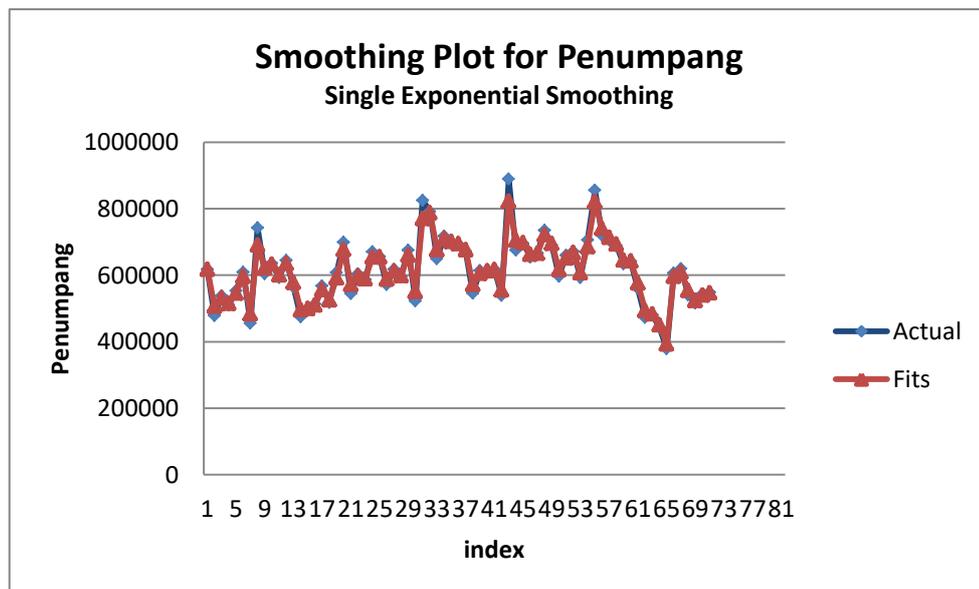
$$F_{70} = (0,4)(516321) + (1 - 0,4)(549730) = 536366$$

$$F_{71} = (0,4)(543876) + (1 - 0,4)(536366) = 539370$$

$$F_{72} = (0,4)(549010) + (1 - 0,4)(539370) = 543226$$

$$F_{73} = (0,4)(574001) + (1 - 0,4)(543226) = 555536$$

Jadi, Peramalan jumlah penumpang di bandara Internasional Juanda pada bulan Januari 2020 adalah 555536 penumpang.

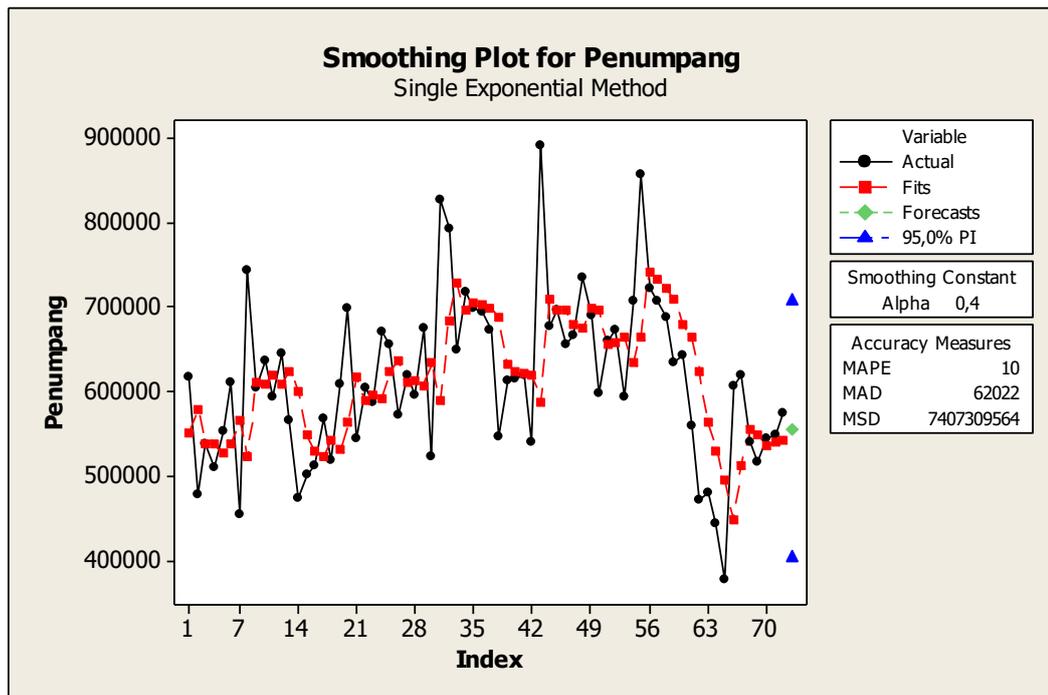


Gambar 4.3 Plot Peramalan Jumlah Penumpang Menggunakan Single Exponential Smoothing

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan 2.8, dengan menggunakan bantuan *software* Excel didapatkan nilai MAPE sebesar 10,38817% sehingga kemampuan peramalan baik dan dengan menggunakan persamaan 2.6 didapatkan nilai MSE sebesar 7841983580.

#### 4.4 Peramalan Menggunakan Metode *Single Exponential Smoothing* dengan Bantuan *Software* Minitab

Peramalan menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* dengan bantuan *software* Minitab ini adalah untuk dijadikan perbandingan dengan hasil peramalan secara manual. Berikut ini adalah hasil peramalan menggunakan *software* Minitab:



Gambar 4.4 Plot Peramalan Jumlah Penumpang Menggunakan *Single Exponential Smoothing* dengan bantuan *software* Minitab

Berdasarkan Gambar 4.4, dengan menggunakan parameter  $(\alpha) = 0,4$  diperoleh hasil peramalan periode ke 73 atau bulan Januari 2020 adalah 555536 penumpang. Hal ini sama dengan hasil peramalan secara manual pada bulan Januari 2020 adalah 555536 penumpang.

#### 4.5 Kajian Transportasi dalam Islam

Transportasi atau bepergian dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan alat transportasi sudah dilakukan oleh orang-orang terdahulu,

termasuk pada masa nabi Muhammad SAW. Seperti hadist nabi dari Abu Hurairah r.a yang diriwayatkan oleh Abu Dawud yang tercantum pada subbab 2.6 dapat diketahui bahwa pada masa itu manusia sudah melakukan perjalanan menggunakan alat transportasi.

Alat transportasi sudah menjadi salah satu kebutuhan manusia. Al-Qur'an pun sudah membicarakan tentang alat transportasi. Beberapa alat transportasi yang disebut dalam Al-Qur'an yaitu kapal dan binatang tunggangan seperti Unta, kuda, keledai, dan lainnya. Seperti firman Allah SWT dalam surat Al-Baqarah 164 dan surat Al-Ghafir ayat 79-80 yang tercantum pada subbab 2.6

Kemudian ada ayat yang mencakup seluruh kendaraan dari dahulu hingga yang akan datang. Seperti firman Allah SWT di dalam surat An-Nahl ayat 8 yang tercantum pada subbab 2.6. pada akhir ayat tersebut seolah mengisyaratkan akan ada kendaraan dalam bentuk baru dengan berbagai macam bentuk kecanggihannya. Di dalam surat Al-Mulk ayat 19 allah berfirman yang tercantum pada subbab 2.6, ayat tersebut bisa menjadi inspirasi cikal bakal adanya pesawat terbang.

Perkembangan transportasi setelah jaman industrial berjalan dengan sangat cepat, inovasi berkembang sangat cepat demikian juga penggunaan alat transportasi berjalan dengan sangat cepat. Dimulai dengan penemuan mesin uap yang kemudian diterapkan untuk angkutan kereta api dan kapal laut, kemudian disusul dengan ditemukannya mesin dengan pembakaran dalam. Penemuan selanjutnya yang sangat mempengaruhi sistem transportasi adalah dengan dikembangkannya mesin turbin gas, yang kemudian menjadi turbo jet yang digunakan pada pesawat terbang.

Sarana transportasi udara sangatlah penting terutama bagi negara Indonesia karena mempunyai karakteristik wilayah yang kepulauan. Saran transportasi udara merupakan dari sistem transportasi nasional yang mempunyai karakteristik bergerak dalam waktu cepat, menggunakan teknologi tinggi, manajemen yang handal, serta memerlukan jaminan keselamatan dan keamanan yang optimal. Untuk itu perlu dikembangkan potensi dan peranannya agar lebih efektif dan efisien. Bandara menjadi hal yang sangat vital dalam kelancaran sarana transportasi udara.

Salah satu bandara terbesar yang ada di Indonesia adalah bandara Internasional Juanda yang terletak di Sidoarjo, Jawa Timur. Aktivitas transportasi udara di bandara tersebut cukup sibuk sehingga salah satu hal yang perlu dilakukan adalah memprediksi untuk menggambarkan jumlah penumpang di bandara Internasional Juanda supaya aktivitas transportasi udara di bandara tersebut tetap lancar dan efisien.

Adapun tujuan diciptakanya alat transportasi menurut Al-Qur'an adalah untuk menjadi tunggangan dan hiasan. Dari firman-firman Allah tersebut dapat diketahui bahwa alat transportasi merupakan hal baik dan dapat memudahkan perjalanan manusia.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan, maka kesimpulan pada penelitian ini yaitu, hasil dari implementasi metode *Exponential Smoothing* menggunakan *Ant Colony Optimization* dalam menggambarkan jumlah penumpang yang berangkat pada penerbangan domestik di bandara Internasional Juanda pada bulan Januari 2020 adalah 555536 penumpang, dengan nilai parameter yang optimal yaitu 0,4.

#### **5.2 Saran**

Peneliti menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* untuk mengestimasi parameter metode *Exponential Smoothing* yaitu alpha ( $\alpha$ ). Oleh karena itu peneliti menyarankan untuk mencoba menggunakan metode lain dalam mengestimasi parameter metode *Exponential Smoothing* supaya bisa dijadikan perbandingan.

## DAFTAR RUJUKAN

- Abbas, Salim. 2000. *Manajemen Transportasi*. Cetakan Pertama. Edisi Kedua. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Alda Raharja, Wiwik A, dkk. 2010. Penerapan Metode Exponential Smoothing untuk Peramalan Penggunaan Waktu Telepon di PT. Telkomsel Divre3 Surabaya. *Jurnal Sistem Informasi*
- Dyar, M. et al. 2008. *Mineralogy and Optical Mineralogy*. Mineralogical Society of America. United States
- Elvural, B.C., Beyca, O.F., Zaim, S., 2016, Model Estimation of ARMA using Genetic Algorithms : A Case Study of Forecasting Natural Gas Consumption, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 235, 537– 545
- Faisol., Aisah. 2016. *Penerapan Metode Exponential Smoothing untuk Peramalan Jumlah Klaim di BPJS Kesehatan*. *Jurnal Matematika “Mantik”*. Vol.02, No. 01, Hal. 45-51
- Humairo, dkk. 2020. Peramalan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dan Verifikasi Hasil Peramalan Menggunakan Grafik Pengendali Tracking Signal (Studi Kasus: Data IHK Provinsi Kalimantan Timur). *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*. Vol. 14, No. 1, Hal. 013-022
- Kuisalaas, J. 2005. *Numerical Methods in Engineering with MATLAB*. United State of America: Cambridge University
- Lalu, Sumayang. 2003. *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi Pertama. Jakarta: Salemba Empat.
- Makridakis et al. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi ke-2. Terjemahan Hari Suminto. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Mahkya, Dani,dkk. 2014. Aplikasi Metode Golden Section untuk Optimasi Parameter pada Metode Exponential Smoothing. *Jurnal Gaussian*. Vol: 3, No. 4, Hal. 605-614
- Montgomery, D.C., Jennings, C.L., Kulahci, M., 2015, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*, John Wiley and Sons, New Jersey.
- Sekar, Sugiman, dkk. 2018. Optimasi Parameter pada Model Exponential Smoothing Menggunakan Metode Golden Section untuk Pemilihan Model Terbaik dan Peramalan Jumlah Wisatawan Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Matematika* 7(1): 37- 46

- Soejoeti, Zamzawi. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Jakarta: Karunika Jakarta
- Subagyo, Pangestu. 1986. *Forecasting: konsep dan aplikasi*. Yogyakarta: BPFE
- Sukarto, Haryono. 2006. Pemilihan Model Transportasi di DKI Jakarta dengan Kebijakan Proses Hirarki Analitik. Jurnal: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pelita Harapan.
- Wu, B., Chang, C.L., 2002, Using Genetic Algorithm to Parameters (d,r) Estimation for Threshold Autoregressive Models, Computational Statistics & Data Analysis, 38, 315-330
- Yulitasari, Astri. 2011. *Perbandingan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Holt dengan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Brown*. Skripsi. Semarang. Universitas Negeri Semarang
- Zainun, N.Y., dan Majid, M. Z. A. 2003. *Low Cost House Demand Predictor*. Universitas Teknologi Malaysia.

## LAMPIRAN- LAMPIRAN

### Lampiran 1. Data Penumpang yang Berangkat pada Penerbangan Domestik di Bandara Internasional Juanda

2014		2015		2016	
Bulan	Penumpang	Bulan	Penumpang	Bulan	Penumpang
Januari	617838	Januari	565027	Januari	656208
Februari	479197	Februari	474994	Februari	571726
Maret	538497	Maret	501031	Maret	618357
April	510996	April	513301	April	596085
Mei	554213	Mei	568271	Mei	675702
Juni	609753	Juni	518583	Juni	523451
Juli	455747	Juli	608491	Juli	825715
Agustus	743304	Agustus	699259	Agustus	792232
September	604342	September	545042	September	649375
Oktober	636143	Oktober	605010	Oktober	718451
November	593137	November	587291	November	699285
Desember	644533	Desember	671396	Desember	693048

2017		2018		2019	
Bulan	Penumpang	Bulan	Penumpang	Bulan	Penumpang
Januari	672153	Januari	689756	Januari	560242
Februari	546280	Februari	597290	Februari	473070
Maret	613925	Maret	660707	Maret	481147
April	615053	April	671763	April	443457
Mei	618375	Mei	592835	Mei	378933
Juni	539747	Juni	706372	Juni	607024
Juli	889548	Juli	856010	Juli	620237
Agustus	676016	Agustus	720669	Agustus	541273
September	696308	September	706926	September	516321
Oktober	655005	Oktober	688559	Oktober	543876
November	666423	November	634151	November	549010
Desember	735560	Desember	642080	Desember	574001

**Lampiran 2. Data Acuan Perhitungan Ukuran Kesalahan Peramalan**

No	Data Aktual ( $X_t$ )	Data Peramalan ( $F_t$ )	Kesalahan ( $e_t$ )	Kesalahan Absolut $ e_t $	Kesalahan Persentase ( $PE_t$ )	Jumlah Kesalahan Kuadrat (SSE)
1	617838	617838	0	0	0	0
2	479197	617838	-138641	138641	0,289319	19221326881
3	538497	562382	-23885	23885	0,044354	570474117
4	510996	552828	-41832	41832	0,081863	1749896145
5	554213	536095	18118	18118	0,032691	328259895
6	609753	543342	66411	66411	0,108914	4410389894
7	455747	569907	-114160	114160	0,250489	13032400610
8	743304	524243	219061	219061	0,294713	47987842601
9	604342	611867	-7525	7525	0,012452	56629154
10	636143	608857	27286	27286	0,042893	744518119
11	593137	619771	-26634	26634	0,044904	709395760
12	644533	609118	35415	35415	0,054947	1254244137
13	565027	623284	-58257	58257	0,103104	3393856422
14	474994	599981	-124987	124987	0,263134	15621772325
15	501031	549986	-48955	48955	0,097709	2396616814
16	513301	530404	-17103	17103	0,03332	292517805
17	568271	523563	44708	44708	0,078674	1998814997
18	518583	541446	-22863	22863	0,044088	522722928
19	608491	532301	76190	76190	0,125212	5804934262
20	699259	562777	136482	136482	0,195181	18627355844
21	545042	617370	-72328	72328	0,132701	5231304446
22	605010	588439	16571	16571	0,02739	274609500
23	587291	595067	-7776	7776	0,013241	60469171
24	671396	591957	79439	79439	0,11832	6310599917
25	656208	623732	32476	32476	0,04949	1054662691
26	571726	636723	-64997	64997	0,113685	4224565498
27	618357	610724	7633	7633	0,012344	58262772
28	596085	613777	-17692	17692	0,029681	313013825
29	675702	606700	69002	69002	0,102119	4761232113
30	523451	634301	-110850	110850	0,211768	12287720466
31	825715	589961	235754	235754	0,285515	55579951112
32	792232	684263	107969	107969	0,136285	11657392050
33	649375	727450	-78075	78075	0,120232	6095761530
34	718451	696220	22231	22231	0,030943	494207810
35	699285	705113	-5828	5828	0,008334	33960093
36	693048	702782	-9734	9734	0,014045	94741360
37	672153	698888	-26735	26735	0,039775	714766128
38	546280	688194	-141914	141914	0,259783	20139602197
39	613925	631428	-17503	17503	0,028511	306370403
40	615053	624427	-9374	9374	0,015241	87873073
41	618375	620677	-2302	2302	0,003723	5301222

42	539747	619756	-80009	80009	0,148235	6401514167
43	889548	587753	301795	301795	0,339268	116948952484
44	676016	708471	-32455	32455	0,048009	1053314476
45	696308	695489	819	819	0,001176	670951
46	655005	695817	-40812	40812	0,062307	1665581014
47	666423	679492	-13069	13069	0,019611	170796624
48	735560	674264	61296	61296	0,083332	3757156593
49	689756	698783	-9027	9027	0,013087	81479698
50	597290	695172	-97882	97882	0,163877	9580879335
51	660707	656019	4688	4688	0,007095	21975658
52	671763	657894	13869	13869	0,020645	192340621
53	592835	663442	-70607	70607	0,1191	4985318050
54	706372	635199	71173	71173	0,100758	5065585846
55	856010	663668	192342	192342	0,224696	36995351677
56	720669	740605	-19936	19936	0,027663	397441923
57	706926	732631	-25705	25705	0,036361	660724780
58	688559	722349	-33790	33790	0,049073	1141746555
59	634151	708833	-74682	74682	0,117767	5577377857
60	642080	678960	-36880	36880	0,057438	1360142258
61	560242	664208	-103966	103966	0,185573	10808942447
62	473070	622622	-149552	149552	0,31613	22365692534
63	481147	562801	-81654	81654	0,169707	6667372942
64	443457	530139	-86682	86682	0,19547	7513836703
65	378933	495466	-116533	116533	0,30753	13580041213
66	607024	448853	158171	158171	0,260568	25018046156
67	620237	512121	108116	108116	0,174313	11688975136
68	541273	555368	-14095	14095	0,02604	198659489
69	516321	549730	-33409	33409	0,064705	1116147719
70	543876	536366	7510	7510	0,013808	56395921
71	549010	539370	9640	9640	0,017559	92926382
72	574001	543226	30775	30775	0,053615	947094460
TOTAL					7,375602	564622817753

## RIWAYAT HIDUP



Ahmat Arifin lahir di Jambi pada tanggal 25 Maret 1997. Memiliki nama panggilan Rifin. Beralamat RT/RW 018/003 Desa Suka Maju, Kec. Rimbo Ulu Kab. Tebo, Jambi. Merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara dari Bapak H. Zainuri (Alm) dan Ibu Sulatun.

Pendidikan yang pernah ditempuh yaitu SDN 79 Suka Maju. Kemudian melanjutkan sekolah di MTs Hidayatul Mubtadi'in dan lulus pada tahun 2012. Menempuh pendidikan di MAS Mambaus Sholihin dan lulus di tahun 2015, kemudian studi perkuliahan di Institut keislaman Abdullah Faqih (INKAFA) mengambil prodi pendidikan Bahasa Inggris. Pada tahun 2016 melanjutkan studi S1 di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dengan mengambil program studi Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi.

Penulis turut aktif di beberapa organisasi intra kampus (dalam kampus) maupun ekstra kampus (luar kampus). Salah satu pengalaman penulis di organisasi intra kampus pernah menjadi wakil ketua Himpunan Mahasiswa program studi (HMJ) "INTEGRAL" Matematika periode 2018-2019.



KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAUALANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp./Fax.(0341)558933

### BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Ahmat Arifin  
NIM : 16610108  
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi / Matematika  
Judul Skripsi : Implementasi Metode *Exponential Smoothing*  
Menggunakan *Ant Colony Optimization (ACO)*  
(Studi Kasus: Jumlah Penumpang di Bandara Internasional Juanda)  
Pembimbing I : Dr. Sri Harini, M.Si  
Pembimbing II : Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	1 Februari 2021	Konsultasi BAB I, II, III, dan IV	1.
2	15 Februari 2021	Konsultasi Kajian Keagamaan	2.
3	16 Februari 2021	Revisi Kajian Keagamaan	3.
4	24 Maret 2021	ACC BAB 1, II, III, dan IV	4.
5	4 Mei 2021	Konsultasi BAB I, III, IV, V	5.
6	5 Mei 2021	Revisi BAB I, III, IV, V	6.
7	11 Juni 2021	ACC BAB I - V	7.
8	26 Juni 2021	Konsultasi Keseluruhan	8.
9	29 Juni 2021	Konsultasi Kajian Keagamaan	9.
10	30 Juni 2021	ACC Keseluruhan	10.

Malang, 30 Juni 2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si  
NIP. 19650414 200312 1 001