

PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG DI BANDAR UDARA DEPATI AMIR MENGUNAKAN SIMULASI MONTE CARLO

Tria Agustin

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung

e-mail : triaagustin4940@gmail.com

Desy Yuliana Dalimunthe

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung

e-mail : desydalimunthe2@gmail.com*

Baiq Desy Aniska Prayanti

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung

e-mail : baiq-desy@gmail.com

Abstrak

Transportasi memiliki peran penting dalam menunjang mobilitas manusia dan barang serta mendukung pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Transportasi udara menjadi salah satu pilihan utama bagi masyarakat dalam melakukan perjalanan jarak jauh. Bandar Udara Depati Amir merupakan salah satu bandara utama di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang memiliki jumlah kedatangan penumpang sangat fluktuatif. Tujuan penelitian ini untuk meramalkan jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir sehingga memberikan gambaran baik mengenai peningkatan maupun penurunan jumlah penumpang pada periode tertentu. Penelitian ini menggunakan data jumlah penumpang yang datang tahun 2022, 2023, dan 2024 di Bandara Depati Amir yang dianalisis menggunakan Simulasi *Monte Carlo*. Tingkat keakurasian hasil peramalan pada penelitian ini berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Nilai MAPE pada peramalan jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir tahun 2023 sebesar 13,15%, artinya hasil prediksi yang dihasilkan dikatakan baik. Pada tahun 2023 memiliki tingkat akurasi sebesar 5,21% yang artinya hasil prediksi dikatakan sangat baik.

Kata Kunci: Transportasi Udara, Bandar Udara Depati Amir, Simulasi *Monte Carlo*, MAPE

Abstract

Transportation has an important role in supporting the mobility of people and goods and supporting the economic growth of a region. Air transportation is one of the main choices for people in traveling long distances. Depati Amir Airport is one of the main airports in the Bangka Belitung Islands Province which has a very fluctuating number of passenger arrivals. The purpose of this study is to forecast the number of passengers arriving at Depati Amir Airport so as to provide an overview of both the increase and decrease in the number of passengers in a certain period. This study uses data on the number of passengers arriving in 2022, 2023, and 2024 at Depati Amir Airport which is analyzed using Monte Carlo Simulation. The accuracy of the forecast results in this study is based on the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value. The MAPE value in the forecast of the number of passengers arriving at Depati Amir Airport in 2023 is 13.15%, meaning that the results of the prediction produced are said to be good. In 2023, it has an accuracy rate of 5.21%, which means that the prediction results are said to be very good.

Keywords: Air Transportation, Depati Amir Airport, Monte Carlo Simulation, MAPE

PENDAHULUAN

Transportasi memegang peranan penting dalam kehidupan manusia dan aktivitas ekonomi. Tanpa adanya transportasi, pergerakan manusia dan barang akan sangat terbatas dan menghambat perkembangan suatu wilayah atau negara (Miro, 2024). Secara umum, transportasi terbagi menjadi tiga yaitu transportasi darat, transportasi laut dan

transportasi udara. Transportasi udara merupakan salah satu pilihan utama bagi masyarakat dalam melakukan perjalanan jarak jauh (Nilasary et al., 2022). Perkembangan era globalisasi mendorong meningkatnya preferensi terhadap transportasi udara karena dapat memberikan waktu yang lebih efisien dengan kecepatan yang lebih baik dibandingkan dengan mode transportasi lainnya. Transportasi udara mulai berkembang di Indonesia

pada abad ke-20 dengan pendirian bandara dan maskapai penerbangan (Trianah et al., 2024). Perkembangan pesat yang terjadi pada transportasi udara dapat dilihat dari banyaknya perusahaan atau maskapai penerbangan yang melayani jasa penerbangan ke berbagai rute baik domestik maupun internasional (Oktafianda, 2024).

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung adalah salah satu provinsi di Indonesia yang terdiri dari dua pulau utama, yaitu Pulau Bangka dan Pulau Belitung. Sebagai wilayah yang terdiri dari banyak kepulauan, Bangka Belitung perlu melengkapi sarana transportasi yang memadai sebagai elemen krusial dalam menunjang perekonomian serta mobilitas masyarakat dan barang (Simanjuntak et al., 2023). Provinsi Kepulauan Bangka Belitung memiliki dua pelabuhan udara salah satunya yaitu Bandar Udara Depati Amir. Bandar Udara Depati Amir merupakan bandar udara domestik yang berada tepat di Kota Pangkal Pinang, kota terbesar di Pulau Bangka dan Ibukota Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Bandara ini dikelola oleh PT. Angkasa Pura II sejak Januari 2007.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik, jumlah penumpang yang datang di Bandar Udara Depati Amir pada tahun 2022 mencapai 593.869 orang, naik 91,17% dari tahun sebelumnya. Pada tahun 2023 sebanyak 654.517 orang atau meningkat sebesar 10,24% dibandingkan dengan tahun 2022. Kemudian pada tahun 2024 sebanyak 606.833 orang dimana mengalami penurunan sebesar 7,29% dibandingkan tahun sebelumnya. Jumlah penumpang yang datang di Bandar Udara Depati Amir sangat fluktuatif. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa jumlah penumpang yang datang tidak pasti karena kedatangan penumpang dipengaruhi oleh banyak faktor seperti cuaca, permasalahan global, dan kondisi ekonomi. Maka dari itu, perlu dilakukan prediksi jumlah penumpang yang datang di Bandar Udara Depati Amir pada periode ke depannya dengan tujuan untuk memberikan gambaran baik mengenai peningkatan maupun penurunan jumlah penumpang pada periode tertentu. Analisis yang digunakan dalam memprediksi jumlah penumpang yang datang di Bandar Udara Depati Amir adalah menggunakan Simulasi *Monte Carlo*. Metode yang diandalkan dan banyak digunakan dalam melakukan prediksi kedepannya adalah Simulasi *Monte Carlo* (Yusmaity et al., 2019). Simulasi *Monte*

Carlo sangat praktis dan banyak digunakan dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan ketidakpastian (Ramadhani, 2024). Menurut penelitian (Nadia et al., 2024), simulasi *Monte Carlo* sering digunakan dalam menyelesaikan persoalan yang melibatkan probabilitas, dan hasil probabilitas dari simulasi *Monte Carlo* dianggap sangat akurat. Simulasi *Monte Carlo* mampu merepresentasikan keadaan nyata dalam bentuk simulasi, yang berguna untuk memperkirakan dan menganalisis berbagai kemungkinan hasil atau skenario di masa depan (Mardiati, 2020).

Menurut penelitian terdahulu (Mardiati, 2020), menggunakan Simulasi *Monte Carlo* dalam memprediksi tingkat lonjakan penumpang. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa lonjakan penumpang diprediksi terjadi pada bulan Juli dengan tingkat akurasi yang tinggi sebesar 86,74%. Terdapat penelitian lain yang dilakukan dalam menggunakan Simulasi *Monte Carlo* untuk meramalkan Produksi Kopi di Provinsi Kalimantan Barat yang dilakukan oleh Suci Ramadhani tahun 2024. Penelitian ini menunjukkan bahwa Simulasi *Monte Carlo* dapat digunakan secara efektif dalam memprediksi produksi kopi di Provinsi Kalimantan Barat. Simulasi ini memberikan estimasi yang akurat dengan akurasi rata-rata sebesar 93,027% (Ramadhani, 2024).

Berdasarkan latar belakang diatas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir menggunakan Simulasi *Monte Carlo*. Penelitian ini dapat memberikan informasi atau sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintahan khususnya kepada PT Angkasa Pura II dan Kementerian Perhubungan dalam menentukan kebijakan terkait pengembangan infrastruktur di Bandar Udara Depati Amir Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

KAJIAN TEORI

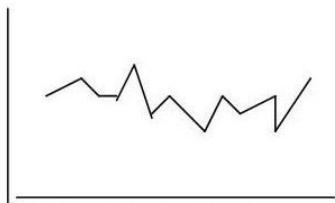
MODEL TIME SERIES

Metode analisis deret waktu pertama kali diperkenalkan oleh George E.P Box dan Gwilym Jenkins tahun 1970 (Fadliani et al., 2021). Analisis *Time Series* adalah himpunan observasi data terurut dalam waktu, interval waktu yang sering ditemui pada data *time series* yaitu harian, mingguan, bulanan serta tahunan. Peramalan suatu data *time*

series perlu memperhatikan tipe atau pola data (Aida dan Rahmanda, 2020). Secara umum terdapat empat macam jenis pola data, yaitu :

Pola Horizontal

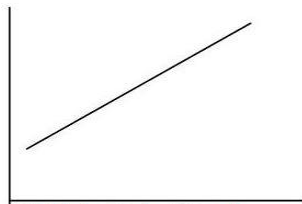
Pola horizontal dalam data *time series* menggambarkan situasi dimana nilai-nilai observasi cenderung stabil atau berfluktuasi tanpa *trend* naik atau turun yang signifikan (Syalsabilla *et al.*, 2024). Berikut merupakan grafik yang menggambarkan pola horizontal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pola Horizontal

Pola Trend

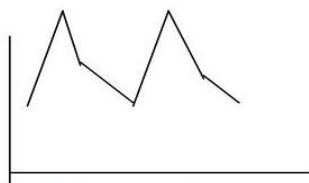
Trend menunjukkan pergerakan umum atau arah perubahan dalam data seiring waktu (Diamanta dan Toba, 2021). Seringkali ditemui data yang memiliki pergerakan naik dan turun dalam jangka waktu yang singkat, tetapi *trend* mengacu pada kecenderungan rata-rata dalam jangka waktu yang panjang. Berikut merupakan grafik yang menggambarkan pola *trend* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pola Trend

Pola Musiman

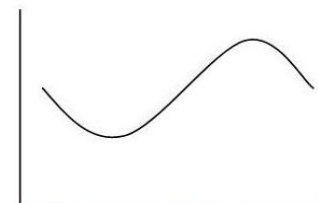
Pergerakan musiman atau *seasonal* merupakan fluktuasi data yang berlangsung secara periodik dalam data pada interval waktu yang tetap, seperti harian, mingguan, bulanan, atau tahunan (Lusiana dan Yuliarty, 2020). Berikut merupakan grafik yang menggambarkan pola musiman dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pola Musiman

Pola Siklis

Siklus dalam data *time series* menggambarkan pola perubahan jangka menengah yang disebabkan oleh keadaan yang berulang dalam sebuah siklus. Plot data ini terjadi apabila data tersebut memiliki fluktuasi jangka panjang dan berbentuk pola siklus bervariasi (Putri dan Vikaliana, 2023). Berikut merupakan grafik yang menggambarkan pola siklis dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pola Siklis

PREDIKSI

Prediksi merupakan upaya untuk mengurangi perbedaan antara apa yang terjadi dan hasil perkiraan dengan menggunakan informasi dari masa lalu dan saat ini (Kurniawati dan Arima, 2021). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), prediksi merupakan hasil dari aktivitas memperkirakan, meramalkan, dan memproyeksikan nilai di masa depan dengan mengandalkan data dari masa lalu (Kafil, 2019). Tujuan utama dari prediksi adalah untuk mendapatkan informasi tentang kejadian yang paling mungkin terjadi di masa mendatang dengan probabilitas terbesar (Ramadhani, 2024). Salah satu cara untuk melakukan ini adalah dengan menggunakan analisis deret waktu, juga dikenal dengan *time series* yang menggunakan data dari periode sebelumnya untuk memperkirakan nilai atau peristiwa dimasa depan. Prediksi berperan sebagai sarana yang penting dalam merancang perencanaan yang efektif dan efisien, terutama pada bidang ekonomi dan organisasi bisnis, guna mendukung pengambilan keputusan yang krusial (Mardiyono *et al.*, 2022). Berdasarkan jangka waktu, peramalan terbagi menjadi tiga kategori yaitu peramalan jangka pendek yang mencakup waktu kurang dari tiga bulan hingga satu tahun; peramalan jangka menengah yang mencakup waktu hingga 3 tahun; dan peramalan jangka panjang umumnya mencakup waktu lebih dari 3 tahun.

Pemodelan dan Simulasi

Pemodelan dan simulasi didasarkan pada pengetahuan komputer, matematika, probabilitas dan statistik tetapi tidak dapat disangkal bahwa prosesnya masih sering dilakukan sebagai proses instingtif. Membangun model sistem dan menjalankan simulasi tidak memerlukan rumus yang tepat, sehingga hanya petunjuk umum yang dapat diberikan di bidang ini. Buku *Pemodelan dan Simulasi Sistem* yang dijelaskan oleh Adolph (2024) menyebutkan bahwa pemodelan merupakan proses pembuatan representasi abstrak dari sistem nyata untuk memahami, menganalisis, dan memprediksi perilaku sistem tersebut, model dapat berupa matematis, fisik, atau berbasis data. Berbeda dengan simulasi yaitu penggunaan model untuk melakukan eksperimen secara virtual guna mempelajari perilaku sistem di bawah kondisi yang berbeda tanpa harus melakukan uji coba langsung pada sistem nyata. Model simulasi sebuah perangkat uji coba yang mengintegrasikan berbagai aspek penting, termasuk analisis data historis, untuk memberikan alternatif yang mendukung pengambilan keputusan (Apri, 2019). Model simulasi dapat di bedakan menjadi (Firdausi, 2020): Model simulasi deterministik, model simulasi stokastik, model simulasi kontinyu dan model simulasi diskrit

Simulasi Monte Carlo

Simulasi *Monte Carlo* adalah teknik yang banyak digunakan untuk mendapatkan hasil prediksi tentang masa depan (Yusmaity *et al.*, 2019). Metode ini banyak digunakan dalam permodelan simulasi untuk melakukan pengujian data dengan tujuan mendapatkan jalan terbaik (Thoriq *et al.*, 2022). Hasil prediksi digunakan untuk pengambilan keputusan terhadap data yang berlalu sebagai keputusan yang akan datang. Menurut Syaputra dan Eirlangga (2022), Simulasi *Monte Carlo* diartikan sebagai metode yang sangat praktis dalam pengolahan data yang banyak digunakan dalam memecahkan masalah yang berkaitan dengan ketidakpastian. Simulasi *Monte Carlo* memanfaatkan data historis yang telah tersedia sebagai data training. Simulasi *Monte Carlo* didefinisikan sebagai semua teknik sampling statistik yang digunakan untuk memperkirakan solusi terhadap masalah-masalah kuantitatif. Simulasi *Monte Carlo* mensimulasikan sebuah model dengan

secara *random* menghitung nilai variabel yang tidak pasti secara berulang-ulang (Marcelina *et al.*, 2024). Tujuan dari perhitungan berulang adalah untuk mengetahui distribusi probabilitas dari model yang disimulasikan.

Perhitungan Distribusi Probabilitas

Distribusi probabilitas adalah distribusi yang menggambarkan suatu peluang dari sekumpulan variabel, menggantikan peran frekuensi dalam representasinya (Syaputra & Eirlangga, 2022). Nilai probabilitas dapat diperoleh dengan cara membagi frekuensi kemunculan suatu nilai atau kondisi dengan total frekuensi keseluruhan. Rumus untuk menghitung distribusi probabilitas bisa dilihat dalam persamaan berikut (Syafitri & Dwi Arfika, 2024):

$$P_i = \frac{f_i}{n} \quad (1)$$

dengan:

P_i : Probabilitas kejadian i

f_i : Frekuensi kejadian i

n : Jumlah frekuensi semua kejadian

Perhitungan Distribusi Probabilitas Kumulatif

Menetapkan distribusi probabilitas kumulatif merujuk pada distribusi probabilitas, distribusi probabilitas kumulatif berfungsi sebagai acuan dalam mengelompokkan batas-batas interval (Yani & Sumijan, 2020). Distribusi probabilitas kumulatif diperoleh dengan menjumlahkan nilai-nilai dari distribusi probabilitas dengan distribusi sebelumnya, kecuali untuk nilai probabilitas pertama hal itu dikarenakan nilai pada probabilitas pertama merupakan nilainya sendiri. Adapun rumusnya sebagai berikut (Syafitri & Dwi Arfika, 2024) :

$$DPK = K_i + P_i \quad (2)$$

dengan :

DPK = Distribusi Probabilitas Kumulatif

K_i = Angka kemungkinan

P_i = Jumlah angka sebelumnya

Penetapan Interval Angka Acak (*Random Number*)

Setelah mendapatkan nilai dari probabilitas kumulatif, tahapan selanjutnya yaitu dengan menentukan interval angka acak. Penentuan interval angka acak didasarkan pada nilai distribusi probabilitas kumulatif yang telah di peroleh pada

tahap sebelumnya dan dilakukan untuk setiap variabel.

Pembangkit Angka Acak

Setelah angka acak (*random number*) di bentuk, tahapan selanjutnya yaitu membangkitkan angka acak yang akan digunakan dalam simulasi. Pada penelitian ini, angka acak akan dibangkitkan dengan menggunakan *Linier Congruent Method*. Rumus dari *linier congruent method* dapat didefinisikan sebagai berikut (Syafitri & Dwi Arfika, 2024):

$$x_{i+n} = (ax_{n-1} + c) \text{ mod } m \quad (3)$$

dengan :

x_{i+n} = Bilangan acak ke $i + 1$ dari deretnya

a = Faktor pengali / *multiplier* ($a < m$)

x_{n-1} = Nilai bilangan acak sebelumnya

c = Faktor penambah ($c < m$)

Mod m = Modulus / batas maksimal bilangan acak

Melakukan Simulasi dan Perbandingan Simulasi Monte Carlo

Simulasi *Monte Carlo* dilakukan berdasarkan angka acak yang didapatkan sebelumnya sebagai acuan dalam memprediksi jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir. Kemudian dilakukan pengujian tingkat akurasi *Monte Carlo* dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) berdasarkan rumus pada persamaan berikut (Aryati et al., 2020):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \times 100\% \quad (4)$$

dengan :

X_t = Data aktual

F_t = Data simulasi

Menurut Lewis, semakin kecil nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menunjukkan semakin akurat hasil peramalan, kriteria nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 1 (Rama Samudra et al., 2024):

Tabel 1. Kriteria Keakuratan MAPE

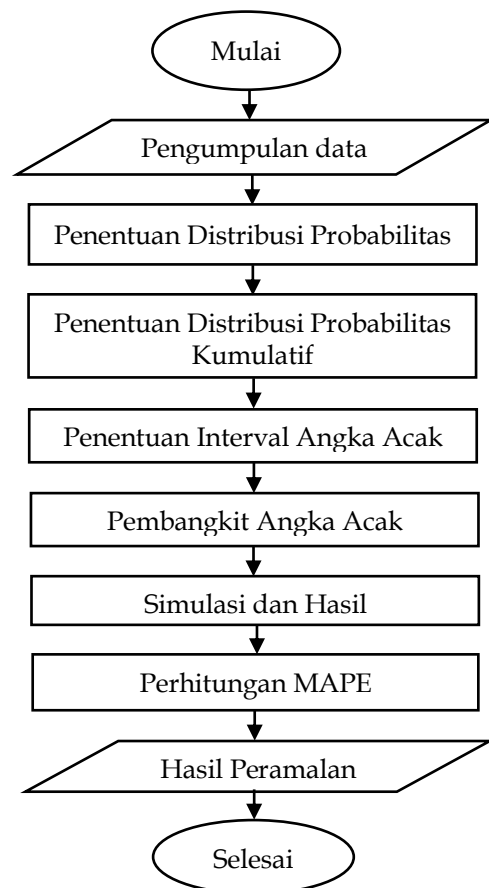
Nilai MAPE	Kriteria
$MAPE \leq 10\%$	Sangat Baik
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	layak
$MAPE > 50\%$	Tidak Akurat

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan dengan jenis penelitian kuantitatif deskriptif. Kuantitatif deskriptif merupakan metode statistik

yang digunakan untuk menggambarkan, merangkum, serta menganalisis data berbasis angka. Jenis data yang digunakan yaitu data sekunder. Menurut penelitian (Sari & Zefri, 2019), data sekunder sendiri merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung dari objek penelitian, biasanya diambil dari situs internet atau referensi lain. Penelitian ini menggunakan data jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir tahun 2022, 2023, dan 2024. Sumber data yang digunakan diperoleh dari *website* Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Simulasi *Monte Carlo*. Simulasi *Monte Carlo* memanfaatkan data historis yang telah tersedia sebagai data training. Jika menggunakan model simulasi yang didalamnya terdapat random dan sampling dengan distribusi probabilitas yang dapat diidentifikasi, maka dapat menerapkan Simulasi *Monte Carlo* dengan efektif (Apri, 2019). Metode ini menghasilkan distribusi probabilitas nilai yang digunakan secara keseluruhan. Tahapan analisis data menggunakan Simulasi *Monte Carlo* yaitu sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Data Jumlah Penumpang yang Datang di Bandara Depati Amir

Gambar 6 menunjukkan grafik untuk data jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir selama periode tertentu. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa jumlah penumpang yang datang mengalami fluktuasi yang cukup signifikan. Pola pergerakan data tidak membentuk garis lurus, melainkan naik turun yang menunjukkan adanya variasi musiman atau faktor lain yang memengaruhi kedatangan penumpang. Pada tahun 2022, jumlah penumpang yang datang di Bandar Udara Depati Amir tercatat sebanyak 593.869 orang, mengalami peningkatan sebesar 91,17% dari tahun sebelumnya. Pada tahun 2023 sebanyak 654.517 orang atau meningkat sebesar 10,24% dibandingkan dengan tahun 2022. Kemudian pada tahun 2024 sebanyak 606.833 orang dimana mengalami penurunan sebesar 7,29% dibandingkan tahun sebelumnya. Maka, data jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir merupakan data non linier. Selanjutnya untuk memperoleh hasil simulasi, dilakukan beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

Identifikasi Data Jumlah Penumpang

Data yang digunakan adalah jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir tahun 2022, 2023, dan 2024 yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengelompokan data dan frekuensi berdasarkan jumlah penumpang yang datang

Bulan	Frekuensi 2022	Frekuensi 2023	Frekuensi 2024
Januari	46601	57192	48379
Februari	33304	44460	49217
Maret	47816	54614	54550
April	49404	58463	68972
Mei	67149	60581	48073

Bulan	Frekuensi 2022	Frekuensi 2023	Frekuensi 2024
Juni	52833	56878	49317
Juli	56730	63087	56770
Agustus	42626	48447	45303
September	41175	47135	44921
Oktober	50798	53111	44079
November	50165	52695	43603
Desember	55268	57854	53649

Tabel 2 menunjukkan bahwa pengelompokan data dan frekuensi berdasarkan jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir tahun 2022, 2023, dan 2024. Kemudian data tersebut digunakan untuk prediksi jumlah penumpang dengan menggunakan Simulasi *Monte Carlo*.

Menghitung Distribusi Probabilitas

Berdasarkan data yang tercantum pada Tabel 2 dilakukan perhitungan distribusi probabilitas menggunakan rumus persamaan 1. Diperoleh hasil perhitungan distribusi probabilitas secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Distribusi Probabilitas

Bulan	DP 2022	DP 2023	DP 2024
Januari	0.113	0.093	0.079
Februari	0.089	0.087	0.081
Maret	0.096	0.096	0.094
April	0.072	0.074	0.075
Mei	0.069	0.072	0.074
Juni	0.086	0.081	0.073
Juli	0.084	0.081	0.072
Agustus	0.093	0.088	0.088
September	0.113	0.093	0.079
Oktober	0.089	0.087	0.081
November	0.096	0.096	0.094
Desember	0.072	0.074	0.075
Total	1	1	1

Tabel 3 menunjukkan distribusi probabilitas jumlah penumpang yang datang perbulan dari tahun 2022 sampai dengan 2024. Hasil perhitungan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa total distribusi probabilitas untuk setiap tahunnya bernilai 1

Menghitung Distribusi Probabilitas Kumulatif

Distribusi probabilitas yang telah dihitung dan tercantum pada Tabel 3 akan dilanjutkan dengan perhitungan distribusi probabilitas kumulatif. Perhitungan ini penting dilakukan karena hasilnya akan digunakan sebagai dasar dalam

menentukan interval bilangan acak pada proses Simulasi *Monte Carlo*. Berdasarkan persamaan 2 diperoleh hasil perhitungan distribusi probabilitas kumulatif secara keseluruhan sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Distribusi Probabilitas Kumulatif

Bulan	DPK 2022	DPK 2023	DPK 2024
Januari	0.078	0.087	0.080
Februari	0.135	0.155	0.161
Maret	0.215	0.239	0.251
April	0.298	0.328	0.364
Mei	0.411	0.421	0.444
Juni	0.500	0.508	0.525
Juli	0.596	0.604	0.618
Agustus	0.668	0.678	0.693
September	0.737	0.750	0.767
Oktober	0.822	0.831	0.840
November	0.907	0.912	0.912
Desember	1	1	1

Tabel 4 menunjukkan nilai distribusi probabilitas kumulatif pada data pertama bernilai sama dengan distribusi probabilitas. Namun untuk data akhir, hasil probabilitas kumulatif bernilai sama dengan 1.

Menetapkan Interval Angka Acak

Interval angka acak didapatkan dari nilai distribusi probabilitas kumulatif pada tahap sebelumnya. Fungsi dari interval angka acak sebagai pembatas antara variabel satu dengan variabel lainnya, serta sebagai acuan dalam hasil simulasi berdasarkan angka acak yang dibangkitkan. Berikut hasil interval angka acak yang dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 5. Interval Angka Acak

Bulan	IAA 2022	IAA 2023	IAA 2024
Januari	0-6	0-7	0-7
Februari	7-12	8-14	7-15
Maret	13-20	15-22	16-24
April	21-28	23-31	25-35
Mei	29-40	32-41	36-43
Juni	41-49	42-49	44-51
Juli	50-58	50-59	52-60
Agustus	59-65	60-66	61-68
September	66-72	67-74	69-75
Oktober	73-81	75-82	76-83
November	82-89	83-90	84-90
Desember	90-99	91-99	91-99

Tabel 5 menyajikan interval angka acak yang digunakan dalam proses Simulasi *Monte Carlo* untuk memprediksi jumlah penumpang yang datang dari tahun 2022 hingga 2024. Interval yang digunakan

untuk mengelompokkan angka acak tersebut antara 0 sampai 99 agar dapat merepresentasikan kemungkinan terjadinya jumlah kedatangan penumpang pada masing-masing bulan dan tahun.

Membangkitkan Angka Acak

Membangkitkan angka acak pada penelitian ini menggunakan *Linier Congruent Method* (LCM). Metode ini memerlukan penetapan empat parameter utama, ditetapkan nilai $a = 65$, $c = 70$, $X_n = 10$, $m = 99$. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak (*software*) *R.studio* dengan menerapkan parameter yang telah ditetapkan sebelumnya. berdasarkan persamaan 3 diperoleh hasil angka acak sebagai berikut:

Tabel 6. Angka Acak

Bulan	Angka Acak
Januari	27
Februari	43
Maret	93
April	76
Mei	60
Juni	10
Juli	27
Agustus	43
September	93
Oktober	76
November	60
Desember	10

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan angka acak yang akan digunakan dalam penentuan hasil simulasi tahun 2023, 2024, dan 2025.

Melakukan Simulasi dan Perbandingan Simulasi *Monte Carlo*

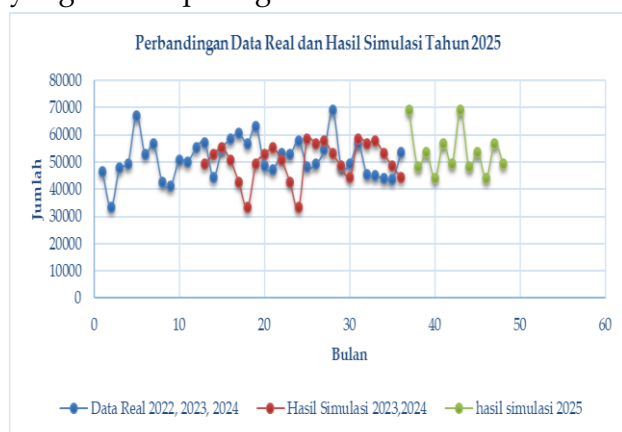
Simulasi dan perbandingannya adalah tahapan akhir dalam melakukan rangkaian percobaan dengan menggunakan angka acak yang diperoleh sebelumnya. Hasil simulasi dan perbandingan dapat dilihat pada Tabel 7:

Tabel 7. Hasil simulasi dan perbandingan data tahun 2023, 2024 dan 2025

Bulan	Hasil Simulasi 2023	Data Real 2023	Hasil Simulasi 2024	Data Real 2024	Hasil Simulasi 2025
Januari	49404	57192	58463	48379	68972
Februari	52833	44460	56878	49217	48073
Maret	55268	54614	57854	54550	53649
April	50798	58463	53111	68972	44079
Mei	42626	60581	48447	48073	56770

Bulan	Hasil Simulasi 2023	Data Real 2023	Hasil Simulasi 2024	Data Real 2024	Hasil Simulasi 2025
Juni	33304	56878	44460	49317	49217
Juli	49404	63087	58463	56770	68972
Agustus	52833	48447	56878	45303	48073
September	55268	47135	57854	44921	53649
Oktober	50798	53111	53111	44079	44079
November	42626	52695	48447	43603	56770
Desember	33304	57854	44460	53649	49217
Total	568466	654517	638426	606833	641520

Tabel 7 menunjukkan hasil simulasi untuk prediksi jumlah penumpang yang datang pada tahun 2023, 2024 dan 2025. Berdasarkan persamaan 4, dengan perhitungan hasil simulasi di atas dapat diketahui nilai MAPE hasil peramalan jumlah penumpang yang datang pada tahun 2023 dan 2024, yaitu masing-masing sebesar 13,15% dan 5,21%. Tingkat keakurasian MAPE pada peramalan jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir pada tahun 2023 sebesar 13,15%, artinya hasil prediksi yang dihasilkan dikatakan baik. Pada tahun 2023 memiliki tingkat akurasi sebesar 5,21% yang artinya hasil prediksi dikatakan sangat baik. Hasil Simulasi *Monte Carlo* untuk prediksi jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir pada tahun 2025 terlihat bahwa jumlah penumpang yang datang mengalami pola fluktuasi yang cenderung berulang atau musiman (*seasonal*) setiap beberapa bulan tertentu sebagaimana yang terlihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 7. Perbandingan Data Real dan Hasil Simulasi Tahun 2023, 2024 dan 2025

Gambar 2 memperlihatkan perbandingan antara data real tahun 2022, 2023 dan 2024 dengan hasil simulasi tahun 2023, 2024 dan prediksi tahun 2025. Terlihat bahwa data aktual tahun 2023 dan 2024 menunjukkan pola fluktuasi yang serupa dengan data simulasi, dimana terjadi naik turun jumlah

penumpang pada bulan-bulan tertentu. Berdasarkan data aktual, diketahui pada tahun 2022, lonjakan jumlah penumpang yang datang tertinggi terjadi pada bulan Mei sebanyak 67.149 orang. Pada tahun 2023, jumlah penumpang yang datang tertinggi terjadi pada bulan Juli sebanyak 63.087 orang. Sedangkan pada tahun 2024, tercatat lonjakan jumlah penumpang yang datang tertinggi terjadi pada bulan April sebanyak 68.972 orang. Jika dibandingkan dengan data hasil simulasi, diketahui bahwa pada tahun 2023 menunjukkan prediksi lonjakan jumlah penumpang yang datang tertinggi terjadi pada bulan Maret dan September sebanyak 55.268 orang. Pada tahun 2024, hasil simulasi memprediksi jumlah penumpang yang datang tertinggi terjadi pada bulan Januari dan Juli sebanyak 58.463 orang. Memasuki tahun 2025, hasil simulasi menunjukkan adanya lonjakan jumlah penumpang yang datang secara signifikan diperkirakan terjadi pada bulan Januari dan Juli dengan jumlah tertinggi sebanyak 68.972 orang. Fluktuasi data yang ditampilkan pada data aktual maupun hasil simulasi mengindikasikan adanya pola musiman yang mempengaruhi jumlah penumpang, terutama pada pertengahan tahun dan awal tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing tugas akhir skripsi Program Studi Matematika, Jurusan Sains Alam dan Ilmu Formal, Fakultas Sains dan Teknik yang telah memberikan saran konstruktif yang membantu menyelesaikan penulisan naskah ini. Selanjutnya ucapan terima kasih kepada Badan Pusat Statistik Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang telah menyediakan data sebagai bahan analisis sehingga tulisan ini dapat diselesaikan. Para penulis juga menyampaikan terima kasih kepada editor dan reviewer atas pembacaan yang cermat, kritik yang mendalam, dan rekomendasi yang praktis untuk meningkatkan kualitas tulisan ini.

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan menggunakan Simulasi *Monte Carlo* pada peramalan jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir dapat disimpulkan, hasil peramalan jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir menggunakan Simulasi *Monte Carlo* pada tahun 2023

memiliki MAPE sebesar 13,15%, sedangkan pada tahun 2024 sebesar 5,21%. Hasil prediksi tingkat lonjakan jumlah penumpang yang datang tertinggi pada tahun 2025 diperoleh pada bulan Januari dan Juli sebanyak 68.972 orang dengan persentase lonjakan 40,14% dari bulan Desember dan Juni. Lonjakan ini terjadi dikarenakan adanya pola musiman yang erat kaitannya dengan periode libur panjang seperti tahun baru dan libur sekolah pertengahan tahun. Dari hasil penelitian ini, mengindikasikan bahwa jumlah penumpang yang datang di Bandara Depati Amir memiliki karakteristik musiman yang kuat sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintahan khususnya kepada PT Angkasa Pura II dan Kementerian Perhubungan dalam menentukan kebijakan terkait pengembangan infrastruktur di Bandar Udara Depati Amir.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menerapkan metode lain yang mampu mencakup faktor-faktor eksternal dan dapat menganalisis hubungan antar variabel. Penelitian tidak hanya difokuskan untuk memprediksi tetapi juga bisa dilibatkan dengan mencari hubungan atau pengaruh antar variabel, termasuk variabel eksternal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adolph, R. (2024). Pemodelan dan Simulasi. 1-23.
- Aida, F. N., & Rahmanda, W. (2020). Analisis Biaya Transportasi Distribusi Pupuk Menggunakan Software Lingo. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 5(2), 135-145.
- Apri, M. (2019). Simulasi Monte Carlo Untuk Memprediksi Jumlah Kunjungan Pasien. *Jursima*, 7(2), 92.
- Aryati, A., Purnamasari, I., & Nasution, Y. N. (2020). Peramalan dengan Menggunakan Metode Holt-Winters Exponential Smoothing (Studi Kasus: Jumlah Wisatawan Mancanegara yang Berkunjung Ke Indonesia). *Jurnal EKSPONENSIAL*, 11(1), 99-105.
- Diamanta, D., & Toba, H. (2021). Pendeteksian Citra Pengunjung Menggunakan Single Shot Detector untuk Analisis dan Prediksi Seasonality. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 7(1), 125-141.
- Fadliani, I., Purnamasari, I., & Wasono, W. (2021). Peramalan Dengan Metode Sarima Pada Data Inflasi Dan Identifikasi Tipe Outlier (Studi Kasus: Data Inflasi Indonesia Tahun 2008-2014). *Jurnal Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang*, 9(2), 109-116.
- Firdausi, N. I. (2020). Simulasi Monte Carlo Dalam Prediksi Jumlah Penumpang Angkutan Massal Bus Rapid Transit (Study Kasus :di Dinas Perhubungan Kota Padang). *Kaos GL Dergisi*, 8(75), 147-154.
- Kafil, M. (2019). Penerapan Metode K-Nearest Neighbors Untuk Prediksi Penjualan Berbasis Web Pada Boutiq Dealove Bondowoso. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 3(2), 59-66.
- Kurniawati, A., & Arima, A. (2021). Pendahuluan Autoregressive Integrated Mov-. 20(September), 417-423.
- Lusiana, A., & Yuliarty, P. (2020). PENERAPAN METODE PERAMALAN (FORECASTING) PADA PERMINTAAN ATAP di PT X. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 11-20.
- Marcelina, E., Agustin, T., Luthfiyaturrohman, K., Octaviani, J., Pramita, A., Monika, I., Dalimunthe, D. Y., & Nasrun, A. (2024). Peramalan Jumlah Wisatawan Kabupaten Belitung Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 12(1), 57-62.
- Mardiati, D. (2020). Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Tingkat Lonjakan Penumpang. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 2(3), 92-97.
- Mardiyono, A., Purwanto, E., & Nurmalitasari, N. (2022). Sistem Informasi Prediksi Penerimaan Siswa Baru Menggunakan Metode Autoregressive Di SMP Negeri 3 Purwanto. *Bianglala Informatika*, 10(1), 7-11.
- Miro, F. (2024). Perencanaan Transportasi. In *Perencanaan Transportasi* (Issue October).
- Nadia, I., Qadriah, L., & Razi, Z. (2024). Menggunakan Metode Monte Carlo. 13(April 2023), 237-242.
- Nilasary, L., Yusuf, C., & Ryan Bakry, M. (2022). Keadilan Bagi Pihak Korban Dalam Release And Discharge Agreement Transportasi Udara Yang Dilegalisasi Oleh Notaris Dalam Kasus Kecelakaan Pesawat Lion Air Jt610. *COMSERVA Indonesian Jurnal of Community Services and Development*, 2(6), 641-658.
- Oktafianda, Y. (2024). Analisis Perbandingan Moving Average Dan Eksponential Smoothing Dalam Siklus Peramalan Jumlah Penumpang Bandara Internasional Minangkabau. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Digital*, 02(01), 402-415.
- Putri, C. S., & Vikaliana, R. (2023). The Plan and Realization Evaluation of Supply Crude Oil Activities at PT Kilang Pertamina International - Refinery Unit VI Balongan. *Berkala Sainstek*, 11(1), 68.

- Rama Samudra, M. ., Marcelina, D., Terttiaavini, Yulianti, E., Coyanda, J. R., & Putri, I. P. (2024). Penerapan Metode *Forecasting* Dalam Menentukan Prediksi Jumlah Mahasiswa Baru Dengan Menggunakan *Single Exponential Smoothing*. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, 15(2), 45–51.
- Ramadhani, S. (2024). Analisis Perkiraan Produksi Kopi Di Provinsi Kalimantan Barat Menggunakan Metode Simulasi *Monte Carlo*. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 4515–4519.
- Sari, M. S., & Zefri, M. (2019). Pengaruh Akuntabilitas, Pengetahuan, dan Pengalaman Pegawai Negeri Sipil Beserta Kelompok Masyarakat (Pokmas) Terhadap Kualitas Pengelola Dana Kelurahan Di Lingkungan Kecamatan Langkapura. *Jurnal Ekonomi*, 21(3), 311.
- Simanjuntak, M. N. A., Reza Tipani, Zeby Melani Afriyanti, Indriyanto, & Nurul Hidayati. (2023). Peramalan Jumlah Kedatangan Jalur Udara Di Bandara Depati Amir Menggunakan Model Arima (*Forecasting the Number of Arrivals By Air At Depati Amir Airport Uses the Arima Model*). *Fraction: Jurnal Teori Dan Terapan Matematika*, 3(2), 44–52.
- Syafitri, I., & Dwi Arfika, D. (2024). Penerapan Metode *Monte Carlo* Pada Simulasi Prediksi Permintaan Mobil. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 5820–5826.
- Syalsabilla, A. F., Astutik, S., & Rozy, A. F. (2024). Optimalisasi Prediksi Harga Ihsg Menggunakan *Hybrid Weighted Fuzzy Time Series Hidden Markov Model* Dengan Algoritma Evolusi Differensial. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 11(4), 837–844.
- Syaputra, A. E., & Eirlangga, Y. S. (2022). Prediksi Tingkat Kunjungan Pasien dengan Menggunakan Metode *Monte Carlo*. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 4(2), 97–102.
- Thoriq, M., Syaputra, A. E., & Eirlangga, Y. S. (2022). Model Simulasi untuk Memperkirakan Tingkat Penjualan Garam Menggunakan Metode *Monte Carlo*. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 4(4), 242–246.
- Trianah, M., Saputra, D. W., & Irnaningsih, S. (2024). Pengaruh Sejarah Perkembangan Alat Transportasi Darat, Laut, dan Udara di Indonesia serta Dampaknya terhadap Masyarakat. *Seminar Nasional Dan Publikasi Ilmiah (SEMNASFIP)*, 2584–2592.
- Yani, Z., & Sumijan, S. (2020). Simulasi Algoritma *Monte Carlo* dalam Memprediksi Pendapatan Penjualan Produk Kalsium Tiens Syariah. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 3.
- Yusmaity, Julius Santony, & Yuhandri. (2019). Simulasi *Monte Carlo* untuk Memprediksi Hasil Ujian Nasional (Studi Kasus di SMKN 2 Pekanbaru). *Jurnal Informasi & Teknologi*, 1(4), 1–6.