

Prediksi Jumlah Penumpang Kereta Api Stasiun Surabaya Gubeng dengan Metode Monte Carlo

Angga Kusuma Bayu Viargo¹, Toha Saifudin^{2*}, Nur Chamidah³

^{1,2,3}Program Studi Statistika, Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

*Corresponding Author: tohasaifudin@fst.unair.ac.id

Diajukan: 19 Februari 2023, Diperbaiki: 21 Oktober 2023, Diterima: 26 Oktober 2023

Abstrak

Jumlah penumpang kereta api di Indonesia kembali mengalami peningkatan semenjak masa pandemi. Salah satu stasiun yang mengalami peningkatan penumpang adalah Stasiun Surabaya Gubeng. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil prediksi jumlah penumpang harian kereta api di Stasiun Surabaya Gubeng menggunakan metode Monte Carlo dengan pembangkit bilangan acak yang berbeda. Metode Monte Carlo merupakan metode yang menginterpretasikan hasil ketidakpastian probabilitas dari suatu proses dan menyimulasikan nilai frekuensi secara stokastik dari segala kemungkinan hasil. Pembangkit bilangan acak yang digunakan yaitu; *multiplicative*, *mixed*, dan *random uniform*. Tingkat keakuratan dari hasil penelitian dihitung berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Data dalam penelitian ini merupakan data *time series* diambil dari tanggal 16 Mei 2022 hingga 2 Oktober 2022 sebanyak 140 hari. Data dibagi menjadi tujuh kelompok berdasarkan nama hari sebanyak 20 data untuk setiap kelompok. Prediksi dilakukan menggunakan Monte Carlo diperoleh rata-rata nilai MAPE *outsample* dari setiap kelompok hari yaitu; hari Senin sebesar 25,25%, hari Selasa sebesar 16,74%, hari Rabu sebesar 17,73%, hari Kamis sebesar 3,32%, hari Jumat sebesar 12,36%, hari Sabtu sebesar 4,88%, dan hari Minggu sebesar 2,62%. Kesimpulan akhir diperoleh bahwa hasil prediksi sangat akurat terjadi pada hari Kamis, Sabtu dan Minggu.

Kata Kunci: Prediksi, Penumpang Kereta Api, Monte Carlo

Abstract

Since the outbreak, the number of train passengers in Indonesia has grown once more. Surabaya Gubeng Station is among the stations where there has been a rise in the number of visitors. This study uses the Monte Carlo approach and a variety of random number generators to forecast the daily train passenger count at Surabaya Gubeng Station. The Monte Carlo method is a technique for interpreting the consequences of a process's probability uncertainty and simulating the stochastic frequency values of every potential result. Multiplicative, mixed, and random uniform are the three types of random number generators that are utilized. The Mean Absolute Percentage Error (MAPE) score is used to determine the degree of accuracy of the prediction outcomes. The information utilized is time series information from May 16. The data utilized is a 140-day time series collected from 16 May 2022 to 2 October 2022. The data is separated into seven categories based on the name of the day, with 20 data in each category. The prediction was made using the Monte Carlo, and the average outsample MAPE value for each day group was produced. These results were as follows: Monday 25.25%, Tuesday 16.74%, Wednesday 17.73%, Thursday 3.32%, Friday 12.36%, Saturday 4.88%, and Sunday at 2.62%. The main conclusion is that Thursday, Saturday, and Sunday have very accurate prediction outcomes.

Keywords: Prediction, Train Passenger, Monte Carlo

1 Pendahuluan

Kereta api merupakan salah satu transportasi umum favorit bagi masyarakat yang sempat terdampak akibat adanya pandemi di Indonesia. Saat ini, kereta api mulai kembali pulih ditandai dengan beberapa stasiun yang mengalami peningkatan jumlah penumpang dan salah satunya adalah Stasiun Surabaya Gubeng. Stasiun Surabaya Gubeng menjadi stasiun tersibuk di Jawa Timur dengan jumlah perjalanan kereta terbanyak yang sering mengakibatkan terjadinya lonjakan penumpang menjelang akhir pekan dan hari libur nasional. Oleh karena itu, sebagai upaya untuk mengantisipasi adanya penumpukan penumpang di stasiun perlu dilakukan proyeksi dengan memprediksi jumlah penumpang kereta api di Stasiun Surabaya Gubeng.

Proses prediksi pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode statistika yang dapat mengakomodir hasil ketidakpastian distribusi pada data yang digunakan yaitu dengan metode Monte Carlo. Monte Carlo merupakan salah satu metode probabilistik dalam memperoleh solusi dari masalah menggunakan proses sampling acak. Penelitian sebelumnya yang terkait dengan memprediksi jumlah penumpang kereta api menggunakan metode Monte Carlo diperoleh nilai rata-rata hasil akurasi sebesar 98% [1]. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut membuktikan metode Monte Carlo dapat digunakan untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api.

Pada penelitian ini Metode Monte Carlo diaplikasikan dalam bentuk program berbasis R. Penggunaan program sebagai instrumen penelitian yang bertujuan untuk menjalankan proses Monte Carlo secara berulang dengan lebih cepat. Terdapat tiga metode pembangkit bilangan acak yang digunakan pada proses Monte Carlo yaitu: *Multiplicative Congruential*, *Mixed Congruential*, dan *Random Uniform*. Metode tersebut dapat dibangkitkan melalui rumus perhitungan komputasi untuk mendapatkan bilangan acak dalam jumlah yang banyak. Data yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan kelompok hari. Tingkat keakuratan dari hasil prediksi dihitung menggunakan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil prediksi dan analisis dari jumlah penumpang kereta api di Stasiun Surabaya Gubeng menggunakan metode Monte Carlo menggunakan program R. Hasil dari penelitian yang diperoleh, diharapkan dapat menjadi acuan rekomendasi untuk meningkatkan kualitas pelayanan penumpang bagi PT Kereta Api Indonesia terutama di Stasiun Surabaya Gubeng. Manfaat dari penelitian ini dapat memberikan informasi kepada calon penumpang kereta api di Stasiun Surabaya Gubeng untuk lebih mempersiapkan keberangkatannya demi menghindari adanya penumpukan penumpang di stasiun. Penelitian ini ikut serta dalam mendukung program *Sustainable Development Goals* (SDGs) nomor 9 yaitu

“Industry, Innovation, and Infrastructure” dengan menguatkan infrastruktur di bidang ekonomi melalui konektivitas jalan, kereta api, laut, udara, dan darat.

2 Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa data harian jumlah penumpang kereta api yang naik dari Stasiun Surabaya Gubeng berasal dari PT Kereta Api Indonesia (Persero). Data diambil dari tanggal 16 Mei 2022 hingga 2 Oktober 2022 dengan jumlah data sebanyak 140 hari. Data yang diperoleh kemudian dikelompokkan menjadi tujuh kelompok berdasarkan harinya sejumlah 20 data. Data setiap kelompok dibagi lagi menjadi data *insample* sebanyak 16 data dan *outsample* sebanyak 4 data. Data *insample* digunakan untuk mengestimasi jumlah penumpang dan data *outsample* digunakan untuk menguji hasil prediksi yang diperoleh. Prediksi jumlah penumpang kereta api di Stasiun Surabaya Gubeng dilakukan untuk empat pekan atau sebanyak 28 hari. Berikut beberapa metode-metode yang digunakan dalam penelitian ini.

2.1 Metode Monte Carlo

Metode Monte Carlo merupakan salah satu metode dalam menginterpretasikan hasil dari ketidakpastian probabilitas yang berbeda dari suatu proses, serta menyimulasikan nilai frekuensi secara stokastik dari segala kemungkinan hasil [2]. Metode ini diterapkan dalam mengevaluasi model deterministik dengan melibatkan angka acak untuk nilai *input* [3]. Monte Carlo merupakan bagian dari metode numerik yang dideskripsikan sebagai metode simulasi statistik. Metode Monte Carlo menggunakan bantuan model perhitungan komputasi untuk memprediksi permasalahan nyata di kehidupan sehari-hari.

Dalam melakukan prediksi perlu dilakukan secara berulang-ulang kali yang dipengaruhi dari sistem membangkitkan angka acak untuk setiap variabel dari nilai distribusi probabilitasnya. Metode Monte Carlo menggunakan sampling bilangan acak yang berulang dalam menyimulasikan data untuk model matematika dan mengevaluasi hasilnya. Semakin banyak percobaan atau pengulangan yang dilakukan maka hasil dari Monte Carlo akan semakin akurat. Berikut merupakan langkah-langkah dalam melakukan metode Monte Carlo [4].

1. Membuat tabel distribusi frekuensi

Data didistribusikan menjadi beberapa kelas terdiri dari nilai frekuensi dan median.

2. Menghitung nilai distribusi probabilitas

Nilai probabilitas untuk setiap kelas dapat diperoleh dengan rumus berikut:

$$P(A) = \frac{n(A)}{n(S)} \quad (1)$$

dengan $P(A)$ adalah peluang suatu kejadian di kelas A, $n(A)$ adalah frekuensi kejadian di kelas A dan $n(S)$ adalah frekuensi total seluruh kelas.

3. Menentukan nilai probabilitas kumulatif

Nilai dari probabilitas kumulatif dapat diperoleh dengan cara berikut:

$$F(x) = P(X \leq x) \quad (2)$$

dengan $F(x)$ adalah probabilitas kumulatif ke- x dan $P(X \leq x)$ adalah jumlah peluang kejadian hingga kejadian ke- x .

4. Menentukan interval bilangan acak (*tag number*)

$$\text{batas bawah} = F(x - 1) \quad (3)$$

$$\text{batas atas} = F(x) \quad (4)$$

dengan $F(x - 1)$ adalah probabilitas kumulatif kelas sebelumnya dan $F(x)$ = probabilitas kumulatif kelas ke- x .

5. Membangkitkan bilangan acak

Tahapan inti proses Monte Carlo yaitu membangkitkan bilangan acak sebanyak jumlah prediksi, kemudian dicocokkan dengan *tag number* untuk mendapatkan hasil prediksi.

2.2 Pembangkit Bilangan Acak

Pembangkit bilangan acak merupakan algoritma yang digunakan dalam menghasilkan urutan angka dari hasil perhitungan menggunakan komputasi diketahui distribusinya sehingga angka yang muncul secara acak dan dapat digunakan berulang kali [5]. Pengertian acak yang dimaksud merupakan algoritma yang menghasilkan suatu angka dari proses perhitungan komputer tanpa suatu pola yang pasti. Bilangan acak dibangkitkan dengan perhitungan komputasi memiliki sifat acak semu berdasarkan rumus matematis [6]. Pada penelitian terdapat tiga jenis metode pembangkit bilangan acak yang digunakan dengan rumus sebagai berikut [7].

a. *Multiplicative Congruential*

$$Z_i = a \cdot Z_{i-1} \pmod{m}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$U_i = Z_i/m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

dengan Z_i adalah hasil sisa pembagian, U_i adalah bilangan berdistribusi *uniform* kontinu, n adalah jumlah data yang dibangkitkan, a , m dan Z_0 adalah bilangan bulat positif.

b. *Mixed Congruential*

$$Z_i = a \cdot Z_{i-1} + c \pmod{m}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$U_i = Z_i/m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

dengan Z_i adalah hasil sisa pembagian, U_i adalah bilangan berdistribusi *uniform* kontinu, n adalah jumlah data yang dibangkitkan, a , m , Z_0 dan c adalah bilangan bulat positif.

c. *Random Uniform*

Bilangan acak dengan metode *random uniform* dibangkitkan dengan *syntax* yang terdapat didalam program R yaitu dengan *runif(n, a, b)* dengan n adalah jumlah data yang dibangkitkan, a adalah nilai minimum dan b adalah nilai maksimum di mana nilai $a < b$.

2.3 *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan salah satu nilai digunakan untuk mengetahui keakuratan dari persentase penyimpangan hasil prediksi [8]. MAPE menyatakan nilai persentase dari kesalahan prediksi yang dibandingkan dengan nilai aktual pada periode yang dinyatakan berupa nilai persentase kesalahan terlalu tinggi rendah. MAPE dapat digunakan apabila ukuran variabel merupakan faktor yang memiliki pengaruh dalam mengevaluasi akurasi hasil yang diperoleh dari memprediksi. Dalam penghitungan matematis, nilai MAPE dinyatakan pada Persamaan (9) berikut.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}}{n} \times 100\% \quad (9)$$

dengan keterangan sebagai berikut: y_i adalah nilai asli, \hat{y}_i adalah nilai dugaan, dan n adalah banyak data. Penggunaan MAPE dalam menghitung tingkat keakuratan prediksi merupakan hasil nilai kesalahan yang ditinjau sebagai persentase *error* dibandingkan dengan data yang sebenarnya [9]. Nilai MAPE yang diperoleh dapat diinterpretasikan pada Tabel 1 berikut [10].

Tabel 1. Interpretasi Nilai MAPE

MAPE	Interpretasi
< 10%	Kemampuan hasil prediksi sangat akurat
10% ~ 20%	Kemampuan hasil prediksi akurat
20% ~ 50%	Kemampuan hasil prediksi layak
≥ 50%	Kemampuan hasil prediksi buruk

Pada Tabel 1 dijelaskan bahwa nilai MAPE mampu menginterpretasikan hasil dari prediksi dalam empat kategori. Setiap kategori ditentukan berdasarkan dari perhitungan nilai MAPE yang diperoleh setelah melakukan prediksi. Pada penelitian ini, nilai MAPE digunakan sebagai pembanding hasil dari prediksi menggunakan metode Monte Carlo.

3 Hasil dan Pembahasan

Penelitian dilakukan untuk memperoleh hasil prediksi dan analisis dari jumlah penumpang harian kereta api di Stasiun Surabaya Gubeng dengan menggunakan metode Monte Carlo. Data *insample* diambil dari tanggal 16 Mei 2022 hingga 4 September 2022 sejumlah 112 data. Data *insample* dari setiap kelompok hari didistribusikan menjadi lima kelas sehingga diperoleh nilai median dan frekuensi untuk setiap kelas. Data *outsample* diambil dari tanggal 5 September 2022

hingga 2 Oktober 2022 yang merupakan data asli dari jumlah penumpang kereta api untuk memperoleh nilai MAPE. Data *insample* dan *outsample* selanjutnya digunakan untuk melakukan *import* data pada program Monte Carlo. Hasil *output* dari program yang dijalankan yaitu membuat tabel distribusi frekuensi sebagai proses Monte Carlo yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi

Distribusi Frekuensi Hari Senin				
Median	Frekuensi	Probabilitas	Kumulatif	Tag Number
6295	3	0,19	0,19	0,00 – 0,19
7012	2	0,12	0,31	0,20 – 0,31
7729	2	0,12	0,43	0,32 – 0,43
8446	4	0,25	0,68	0,44 – 0,68
9163	5	0,31	1,00	0,69 – 1,00
Tabel Distribusi Frekuensi Hari Selasa				
Median	Frekuensi	Probabilitas	Kumulatif	Tag Number
5851	5	0,31	0,31	0,00 – 0,31
6559	6	0,38	0,69	0,32 – 0,69
7267	2	0,13	0,81	0,70 – 0,81
7975	1	0,06	0,87	0,82 – 0,87
8683	2	0,13	1,00	0,88 – 1,00
Tabel Distribusi Frekuensi Hari Rabu				
Median	Frekuensi	Probabilitas	Kumulatif	Tag Number
5819	3	0,19	0,19	0,00 – 0,19
6606	6	0,38	0,57	0,20 – 0,57
7393	1	0,06	0,63	0,58 – 0,63
8180	4	0,25	0,88	0,64 – 0,88
8967	2	0,13	1,00	0,89 – 1,00
Tabel Distribusi Frekuensi Hari Kamis				
Median	Frekuensi	Probabilitas	Kumulatif	Tag Number
6233	3	0,19	0,19	0,00 – 0,19
7196	7	0,44	0,63	0,20 – 0,63
8159	2	0,13	0,75	0,64 – 0,75
9122	3	0,19	0,94	0,76 – 0,94
10085	1	0,06	1,00	0,95 – 1,00
Tabel Distribusi Frekuensi Hari Jumat				
Median	Frekuensi	Probabilitas	Kumulatif	Tag Number
8448	7	0,44	0,44	0,00 – 0,44
9590	4	0,25	0,59	0,45 – 0,69
10732	2	0,13	0,81	0,70 – 0,81

Tabel Distribusi Frekuensi Hari Jumat				
Median	Frekuensi	Probabilitas	Kumulatif	Tag Number
11874	2	0,13	0,93	0,82 – 0,93
13016	1	0,06	1,00	0,94 – 1,00

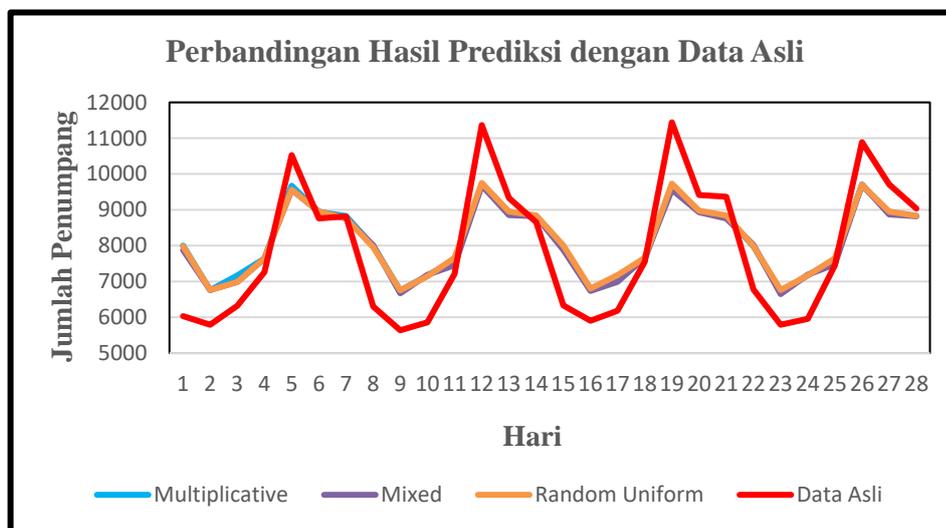
Langkah berikutnya adalah menentukan banyaknya jumlah iterasi Monte Carlo dan proses *running* secara berulang yaitu sebanyak; 100, 250, 500, 1000, 2500 dan 5000 pengulangan. Program melakukan analisis Monte Carlo dari setiap perulangan yang membangkitkan bilangan acak dari ketiga metode yaitu: *multiplicative*, *mixed*, dan *random uniform*. Setiap metode tersebut diperoleh sebanyak 28 angka dan sesuai dengan jumlah hari yang akan diprediksi. Bilangan yang telah dibangkitkan kemudian dicocokkan dengan *tag number* pada tabel distribusi frekuensi sesuai kelompok hari sebelumnya untuk mendapatkan hasil prediksi. Setelah proses perulangan berjalan hingga selesai, hasil prediksi masing-masing kelompok hari dirata-rata untuk memperoleh nilai akhir dari prediksi. Tabel berikut ini menampilkan hasil akhir dari proses prediksi Monte Carlo untuk setiap pekannya.

Tabel 3. Hasil Prediksi Monte Carlo

Hari	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Metode Multiplicative							
Pekan Ke-1	8001	6756	7168	7639	9672	8941	8825
Pekan Ke-2	7983	6747	7164	7604	9697	8923	8826
Pekan Ke-3	7967	6759	7163	7615	9677	8948	8815
Pekan Ke-4	7977	6730	7166	7614	9685	8939	8826
Metode Mixed							
Pekan Ke-1	7878	6763	6985	7643	9559	8952	8757
Pekan Ke-2	8009	6668	7184	7452	9680	8851	8823
Pekan Ke-3	7879	6734	6988	7662	9560	8932	8758
Pekan Ke-4	8020	6646	7191	7473	9706	8871	8821
Metode Random Uniform							
Pekan Ke-1	7985	6763	6985	7643	9559	8952	8757
Pekan Ke-2	7955	6752	7143	7657	9751	8952	8843
Pekan Ke-3	8004	6800	7178	7658	9729	8971	8844
Pekan Ke-4	7988	6760	7167	7643	9694	8949	8834

Tabel 3 menunjukkan hasil *mean* prediksi dari program Monte Carlo hingga 5000 iterasi untuk setiap metode pembangkit bilangan acak. Pada Tabel 3 dapat diperoleh hasil prediksi jumlah penumpang yang fluktuatif untuk setiap harinya, namun membentuk suatu pola yang berulang setiap pekannya. Berdasarkan hal tersebut dinyatakan bahwa jumlah penumpang paling banyak di stasiun Surabaya Gubeng terjadi di Hari Jumat, sedangkan untuk jumlah penumpang paling sedikit

terjadi di Hari Selasa. Selanjutnya, nilai dari *mean* prediksi di Tabel 3 dibandingkan dengan data *outsample* untuk menghitung nilai MAPE. Gambar berikut menampilkan grafik *plot* yang membandingkan data hasil prediksi antar metode dengan data sebenarnya (*outsample*).



Gambar 1. *Plot* Perbandingan Hasil Prediksi dengan Data Asli

Gambar 1 menampilkan sebuah *plot time series* hasil prediksi untuk setiap metode di Tabel 3 dengan data *outsample* yang terlihat membentuk pola berulang setiap pekannya. Jika dilihat dari grafik di atas, ternyata hasil prediksi dari ketiga metode dengan warna garis yang berbeda dibandingkan data asli memiliki selisih nilai yang berbeda. Oleh karena itu, pada tabel-tabel berikut akan menampilkan besarnya selisih hasil prediksi dengan menggunakan perhitungan nilai MAPE untuk menentukan tingkat keakuratan prediksi pada setiap kelompok hari.

Tabel 4. Hasil MAPE Monte Carlo Kelompok Hari Senin

Metode	Jumlah Iterasi						Mean
	100	250	500	1000	2500	5000	
Multiplicative	26,15	25,48	25,85	25,89	25,6	25,73	25,78
Mixed	24,2	24,2	24,81	25,21	25,04	25,13	24,77
Random Uniform	23,87	24,98	25,16	25,63	25,82	25,74	25,2

Tabel 4 menunjukkan nilai MAPE hasil prediksi data *outsample* di hari Senin pada setiap metode dan jumlah iterasi. Berdasarkan pernyataan Tabel 1, jika nilai MAPE berada di antara 20% ~ 50% maka dinyatakan bahwa kemampuan hasil prediksi layak. Kesimpulan dari hasil prediksi jumlah penumpang kereta api di hari Senin menggunakan metode Monte Carlo diperoleh rata-rata nilai MAPE sebesar **25,25%** dengan hasil tingkat keakuratan prediksi adalah **layak**.

Tabel 5. Hasil MAPE Monte Carlo Kelompok Hari Selasa

Metode	Jumlah Iterasi						Mean
	100	250	500	1000	2500	5000	
Multiplicative	18,56	17,16	17,1	17,14	16,84	16,79	17,27
Mixed	15,44	15,7	15,68	16,14	16	16	15,83
Random Uniform	17,25	17,07	17,05	17,04	17,03	17,27	17,12

Tabel 5 menunjukkan nilai MAPE hasil prediksi data *outsample* di hari Selasa pada setiap metode dan jumlah iterasi. Berdasarkan pernyataan Tabel 1, jika nilai MAPE berada di antara 10% ~ 20% maka dinyatakan bahwa kemampuan hasil prediksi akurat. Kesimpulan dari hasil prediksi jumlah penumpang kereta api di hari Selasa menggunakan metode Monte Carlo diperoleh rata-rata nilai MAPE sebesar **16,74%** dengan hasil tingkat keakuratan prediksi adalah **akurat**.

Tabel 6. Hasil MAPE Monte Carlo Kelompok Hari Rabu

Metode	Jumlah Iterasi						Mean
	100	250	500	1000	2500	5000	
Multiplicative	18,66	18,03	18,18	18,16	17,91	18,12	18,18
Mixed	17,3	16,91	17,1	17,29	16,83	16,89	17,05
Random Uniform	18,14	17,77	17,73	18,1	18,11	18,04	17,98

Tabel 6 menunjukkan nilai MAPE hasil prediksi data *outsample* di hari Rabu pada setiap metode dan jumlah iterasi. Berdasarkan pernyataan Tabel 1, jika nilai MAPE berada di antara 10% ~ 20% maka dinyatakan bahwa kemampuan hasil prediksi akurat. Kesimpulan dari hasil prediksi jumlah penumpang kereta api di hari Rabu menggunakan metode Monte Carlo diperoleh rata-rata nilai MAPE sebesar **17,73%** dengan hasil tingkat keakuratan prediksi adalah **akurat**.

Tabel 7. Hasil MAPE Monte Carlo Kelompok Hari Kamis

Metode	Jumlah Iterasi						Mean
	100	250	500	1000	2500	5000	
Multiplicative	4,1	3,13	3,5	3,36	3,43	3,45	3,5
Mixed	2,46	2,95	2,72	2,65	2,59	2,62	2,67
Random Uniform	4,24	3,36	3,68	3,77	3,86	3,95	3,81

Tabel 7 menunjukkan nilai MAPE hasil prediksi data *outsample* di hari Kamis pada setiap metode dan jumlah iterasi. Berdasarkan pernyataan Tabel 1, jika nilai MAPE kurang dari 10% maka dinyatakan bahwa kemampuan hasil prediksi sangat akurat. Kesimpulan hasil prediksi jumlah penumpang kereta api di hari Kamis menggunakan metode Monte Carlo diperoleh rata-rata nilai MAPE sebesar **3,32%** dengan hasil tingkat keakuratan prediksi adalah **sangat akurat**.

Tabel 8. Hasil MAPE Monte Carlo Kelompok Hari Jumat

Metode	Jumlah Iterasi						Mean
	100	250	500	1000	2500	5000	
Multiplicative	12,28	12,09	12,25	12,11	12,45	12,33	12,25
Mixed	13,09	13,38	13,09	12,8	12,9	12,84	13,02
Random Uniform	11,04	11,69	11,85	12,15	12,27	12	11,83

Tabel 8 menunjukkan nilai MAPE hasil prediksi data *outsample* di hari Jumat pada setiap metode dan jumlah iterasi. Berdasarkan pernyataan Tabel 1, jika nilai MAPE berada di antara 10% ~ 20% maka dinyatakan bahwa kemampuan hasil prediksi akurat. Kesimpulan hasil prediksi jumlah penumpang kereta api di hari Jumat menggunakan metode Monte Carlo diperoleh rata-rata nilai MAPE sebesar **12,36%** dengan hasil tingkat keakuratan prediksi adalah **akurat**.

Tabel 9. Hasil MAPE Monte Carlo Kelompok Hari Sabtu

Metode	Jumlah Iterasi						Mean
	100	250	500	1000	2500	5000	
Multiplicative	4,27	4,55	4,88	4,91	4,94	4,83	4,73
Mixed	5,22	5,24	5,26	5,24	5,34	5,27	5,26
Random Uniform	4,13	4,64	4,88	4,8	4,75	4,75	4,66

Tabel 9 menunjukkan nilai MAPE hasil prediksi data *outsample* di hari Sabtu pada setiap metode dan jumlah iterasi. Berdasarkan pernyataan Tabel 1, jika nilai MAPE kurang dari 10% maka dinyatakan bahwa kemampuan hasil prediksi sangat akurat. Kesimpulan hasil prediksi jumlah penumpang kereta api di hari Sabtu menggunakan metode Monte Carlo diperoleh rata-rata nilai MAPE sebesar **4,83%** dengan hasil tingkat keakuratan prediksi adalah **sangat akurat**.

Tabel 10. Hasil MAPE Monte Carlo Kelompok Hari Minggu

Metode	Jumlah Iterasi						Mean
	100	250	500	1000	2500	5000	
Multiplicative	2,46	2,52	2,7	2,71	2,6	2,56	2,59
Mixed	2,57	2,6	2,64	2,78	2,9	2,87	2,73
Random Uniform	2,56	2,62	2,63	2,47	2,54	2,55	2,56

Tabel 10 menunjukkan nilai MAPE hasil prediksi data *outsample* di hari Minggu pada setiap metode dan jumlah iterasi. Berdasarkan pernyataan Tabel 1, jika nilai MAPE kurang dari 10% maka dinyatakan bahwa kemampuan hasil prediksi sangat akurat. Kesimpulan hasil prediksi jumlah penumpang kereta api di hari Minggu menggunakan metode Monte Carlo diperoleh rata-rata nilai MAPE sebesar **2,62%** dengan hasil tingkat keakuratan prediksi adalah **sangat akurat**.

Berdasarkan tabel sebelumnya diperoleh hasil akurasi; $MAPE > 20\%$ menunjukkan hasil prediksi yang belum akurat namun sudah layak di hari Senin; $MAPE$ antara $10 \sim 20\%$ hasil prediksi sudah akurat di hari Selasa, Rabu dan Jumat; dan $MAPE < 10\%$ hasil prediksi sangat akurat di hari Kamis, Sabtu dan Minggu. Prediksi jumlah penumpang harian kereta api di Stasiun Surabaya Gubeng secara keseluruhan diperoleh kelompok hari yang memiliki nilai prediksi paling akurat dengan rata-rata $MAPE$ terendah sebesar $2,62\%$ yaitu terdapat di hari Minggu.

4 Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dengan program dapat diperoleh kesimpulan akhir dari prediksi jumlah penumpang kereta api di Stasiun Surabaya Gubeng menggunakan metode Monte Carlo untuk menentukan kelompok hari paling akurat dijelaskan sebagai berikut.

- i. Keakuratan hasil prediksi dinyatakan layak dengan nilai $MAPE$ di antara $20\% \sim 50\%$ terdapat pada hari **Senin** yang membuktikan bahwa jumlah penumpang kereta api di hari Senin masih belum bisa diprediksi dengan akurat.
- ii. Keakuratan hasil prediksi dinyatakan akurat dengan nilai $MAPE$ di antara $10\% \sim 20\%$ terdapat pada hari **Selasa, Rabu** dan **Jumat** yang membuktikan bahwa jumlah penumpang kereta api di hari tersebut dapat diprediksi dengan hasil yang akurat.
- iii. Keakuratan hasil prediksi dinyatakan layak dengan nilai $MAPE < 10\%$ terdapat pada hari **Kamis, Sabtu** dan **Minggu** yang membuktikan bahwa jumlah penumpang kereta api di hari tersebut dapat diprediksi dengan hasil yang sangat akurat mendekati data aslinya.
- iv. Pada metode pembangkit bilangan acak *multiplicative*, dinyatakan **hari Minggu** menjadi hari prediksi yang paling akurat dengan rata-rata nilai $MAPE$ terendah sebesar $2,59\%$.
- v. Pada metode pembangkit bilangan acak *mixed*, dinyatakan **hari Kamis** menjadi hari prediksi yang paling akurat dengan rata-rata nilai $MAPE$ terendah sebesar $2,67\%$.
- vi. Pada metode pembangkit bilangan acak *random uniform*, dinyatakan **hari Minggu** menjadi hari yang prediksi paling akurat dengan rata-rata $MAPE$ terendah sebesar $2,56\%$.

Saran yang dapat diberikan berdasarkan kesimpulan yang diperoleh untuk melakukan prediksi jangka panjang pada lokasi stasiun lain dengan jumlah data lebih banyak sehingga hasil $MAPE$ setiap kelompok hari yang diprediksi dapat sangat akurat. Saran bagi PT Kereta Api Indonesia khususnya pada Daerah Operasi 8 Surabaya selaku pengelola dari Stasiun Surabaya Gubeng yaitu lebih dapat mempersiapkan pelayanan penumpang terutama pada hari-hari dengan jumlah penumpang yang banyak dan peningkatan sarana prasana dan fasilitas penunjang untuk kenyamanan bagi para penumpang ketika terjadi penumpukan di lingkungan stasiun.

5 Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para reviewer yang telah bersedia memberikan masukan dan perbaikan terhadap penelitian dalam jurnal ini. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada PT Kereta Api Indonesia (Persero) dan Daerah Operasi 8 Surabaya untuk data yang telah disediakan untuk melaksanakan penelitian ini. Terakhir, dukungan dari Universitas Airlangga agar Penulis terus berkarya dalam penelitian.

6 Daftar Pustaka

- [1] A. Muhazir, “Penerapan Metode Monte Carlo dalam Memprediksi Jumlah Penumpang Kereta Api (Studi Kasus: PT. KAI Wilayah Sumatra),” *Journal of Science and Social Research*, vol. 5, no. 1, pp. 151–158, 2022.
- [2] S. Franke, F. Franke, and R. Riedel, “Robustness Evaluation of Production Plans Using Monte Carlo Simulation,” *Procedia Manuf*, vol. 54, pp. 130–135, 2021.
- [3] K. Alfikrizal, “Simulasi Monte Carlo dalam Prediksi Jumlah Penumpang Angkutan Massal Bus Rapid Transit Kota Padang,” *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, vol. 3, no. 2, pp. 78–82, 2021.
- [4] M. Amin, E. Kusrini, and A. Parkhan, “Analisis Pengendalian Persediaan pada Permintaan dan Lead Time Probabilistik Menggunakan Pendekatan ABC dan Simulasi Monte Carlo,” *Jurnal Rekavasi*, vol. 8, no. 2, pp. 39–46, 2020.
- [5] S. D. Nasution, “Penerapan Metode Linier Kongruendan Algoritma Vigenère Chiper Pada Aplikasi Sistem Ujian Berbasis Lan,” *Jurnal Pelita Informatika Budi Darma*, vol. 4, no. 1, pp. 94–102, 2013.
- [6] N. Erzed and A. Rospita, “Permainan Kartu Remi 41 Dengan Menggunakan Algoritma Linear Congruential Generator (LCG) Sebagai Pembangkit Angka Random,” *Jl-Tech*, vol. 10, no. 2, pp. 27–39, 2014.
- [7] J. T. Mangatur, P. S. Ramadhan, and M. Suryanata, “Optimasi Pengacakan Soal Ujian Sekolah Menggunakan Metode Multiplicative Random Number Generator pada SMK Swasta Jambi Medan,” *Jurnal Cyber Tech*, vol. 2, no. 2, pp. 271–282, 2019.
- [8] R. Ramadania, “Peramalan Harga Beras Bulanan di Tingkat Penggilingan dengan Metode Weighted Moving Average,” *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, vol. 7, no. 4, pp. 329–334, 2018.
- [9] I. A. Lubis and H. Suliantoro, “Usulan Perencanaan Safety Stock & Forecasting Demand dengan Metode Time Series Produksi Keran Air di PT Kayu Perkasa Raya,” *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 8, no. 3, 2019.

- [10] J. J. M. Moreno, A. P. Pol, A. S. Abad, and B. C. Blasco, "Using The R-Mape Index as a Resistant Measure of Forecast Accuracy," *Psicothema*, vol. 25, no. 4, pp. 500–506, 2013.