

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Terdapat tiga hal dalam kegiatan tersebut seperti adanya muatan yang diangkut, tersedianya kendaraan sebagai alat angkut, dan adanya jalan yang dapat dilalui [17]. Di era modern dan serba canggih saat ini, sudah bisa diketahui bagi manusia untuk terus berinovasi dalam memproduksi jenis alat transportasi yang tidak hanya mampu menempuh medan darat, namun juga laut dan udara.

Kereta api adalah salah satu alat transportasi darat yang populer digunakan dan dapat ditemukan di hampir kota-kota besar diseluruh dunia. Kereta api ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan jenis transportasi darat lainnya. Tidak heran jika kereta api semakin menarik perhatian masyarakat karena penggunaannya lebih praktis. Diantaranya dapat mengangkut penumpang lebih banyak, hemat waktu, terhindar dari kemacetan, harga lebih ekonomis, dan tingkat keselamatan yang cukup tinggi [30]. Akibatnya kenaikan jumlah penumpang kereta api setiap tahun dipengaruhi oleh beberapa kelebihan tersebut.

Berdasarkan data dari website Badan Pusat Statistik yaitu *bps.go.id*,

jumlah penumpang kereta api setiap tahun mengalami kenaikan [5]. Kenaikan jumlah penumpang kereta api juga disebabkan oleh lonjakan jumlah penumpang ketika hari libur, salah satunya pada akhir tahun. Hal tersebut seringkali menjadi permasalahan dan kendala yang dihadapi PT. Kereta Api (Persero) karena keterbatasan kapasitas angkut yang tidak seimbang. Jumlah permintaan penumpang jauh lebih besar dibandingkan kapasitas tempat duduk yang disediakan.

Unit kereta api yang mengalami lonjakan jumlah penumpang saat akhir tahun salah satunya adalah kereta api yang berada di wilayah Jabodetabek. Wilayah ini merupakan wilayah metropolitan yang banyak memiliki penumpang menjelang akhir tahun. Dengan adanya indikasi lonjakan penumpang ini, perlu adanya pembentukan model dalam menentukan jumlah penumpang. Salah satunya dengan analisis runtun waktu (*time series*) yang memiliki beberapa macam metode peramalan secara univariat pada data runtun waktu.

Data runtun waktu merupakan serangkaian data yang diperoleh dari pengamatan suatu kejadian pada urutan waktu terjadi. Data jumlah penumpang kereta api merupakan data runtun waktu yang menunjukkan pola musiman. Saat data runtun waktu menunjukkan pola musiman, model yang digunakan dalam melakukan pemodelan adalah *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) [18].

Selain pada akhir tahun, libur hari raya Idul Fitri juga mengakibatkan lonjakan jumlah penumpang. Lonjakan tersebut dipengaruhi oleh arus mudik dan arus balik penumpang yang biasanya terjadi pada bulan sebelum,

bulan saat dan bulan setelah terjadinya hari raya. Akan tetapi lonjakan hari raya Idul Fitri selalu bergeser setiap tahun karena mengikuti kalender Hijriah, maka perlu dilakukan modifikasi model SARIMA dengan memperhatikan efek eksogen yang dinamakan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables* (SARIMAX) [18]. Hal ini harus dimasukkan ke dalam model perkiraan untuk meningkatkan akurasi. Model SARIMAX ini merupakan perluasan dari model SARIMA dengan menambahkan variabel eksogen yaitu variasi kalender.

Pada tahun 2013, Trancart dkk melakukan penelitian untuk mengoptimalkan penggunaan *shut down* turbin. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan perkiraan yang tepat namun sederhana dari puncak migrasi belut perak migran. Model SARIMAX digunakan untuk meramalkan migrasi belut perak dan data biologis migrasi belut perak dari 2 lokasi penangkapan ikan di Brittany, Paris [25]. Selanjutnya pada tahun 2016, terdapat penelitian untuk memprediksi penjualan harian di toko ritel diskon Jerman. Perbandingan hasil *adjusted R<sup>2</sup>*, MAPE dan RMSE model menunjukkan bahwa kinerja model SARIMAX lebih baik daripada model SARIMA [3].

Pada tahun 2017, Tarsitano dkk juga mengembangkan sistem prakiraan baru untuk beban listrik per jam di enam wilayah makro Italia. Variabel eksternalnya adalah beban per jam dan efek kalender. Kinerja prediksi menunjukkan bahwa integrasi dari regresi linier, runtun waktu, dan sumber daya komputasi dapat memberikan prediksi yang akurat untuk beban listrik jangka pendek [24]. Pada tahun 2018, Utama dkk meramalkan beban daya jangka

menengah sistem tenaga listrik Jawa dan Bali menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan SARIMAX. Secara umum, SARIMAX memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan metode yang lain [13].

Pada tahun 2019, Rizkiana dkk melakukan peramalan banyak penumpang Bandara Adi Soemarmo dengan efek variasi kalender dan musiman dengan pendekatan model SARIMAX [20]. Pada tahun yang sama, McHugh dkk melakukan peramalan harga listrik sehari-hari dengan model SARIMAX. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh *Root Mean Square Error* (RMSE) yang cukup rendah yang dapat memprediksi harga listrik secara akurat [16]. Selanjutnya pada tahun 2020, Au dkk melakukan prediksi konsumsi daya di Pennsylvania selama pandemi COVID-19. Model SARIMA dan SARIMAX dianalisis untuk meramalkan konsumsi daya di Pennsylvania 14 hari ke depan [4]. Pada tahun yang sama, Nontapa dkk meramalkan rangkaian waktu baru menggunakan metode dekomposisi dengan model SARIMA dan SARIMAX. Metode dekomposisi dengan model SARIMAX memiliki rata-rata MAPE terendah untuk peramalan 12 bulan ke depan [18].

Selain *time series* klasik, salah satu metode pemodelan baru yang telah dikembangkan adalah metode *Fuzzy Time Series*. *Fuzzy Time Series* (FTS) merupakan penerapan matematika *fuzzy* di bidang *time series*. FTS pertama kali diusulkan oleh Song dan Chissom. Metode tersebut diterapkan dalam konsep logika *fuzzy* untuk mengembangkan dasar FTS dengan menggunakan metode *time invariant* dan *time variant* yang digunakan untuk memodelkan peramalan jumlah pendaftar di suatu universitas [9]. Sejak saat itu,

banyak metode FTS yang diusulkan antara lain model *Weighted, Chen,* dan *Markov.*

*Fuzzy Time Series Markov Chain* (FTSMC) adalah konsep baru yang pertamakali diusulkan oleh Tsaur [26], untuk menganalisis keakuratan prediksi nilai tukar mata uang Taiwan dengan dolar US. Dalam penelitiannya, Tsaur menggabungkan metode *Fuzzy Time Series* dengan rantai markov. Penggabungan tersebut bertujuan untuk memperoleh probabilitas terbesar menggunakan matriks probabilitas transisi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode FTSMC memberikan akurasi yang cukup baik dibandingkan metode FTS yang diusulkan oleh Song dan Chissom (1993), Cheng (2008), Singh (2007) serta Li dan Cheng (2007) [26]. Model FTSMC ini dapat diaplikasikan untuk berbagai pola data *time series*. Hal ini disebabkan karena pemodelan dengan model FTSMC tidak mensyaratkan asumsi-asumsi dan pengujian yang ada pada model SARIMA dan SARIMAX. Karena model *time series* SARIMA dan SARIMAX memerlukan beberapa asumsi yang harus dipenuhi.

Pada tahun 2012, Aladag dkk mengusulkan suatu pendekatan runtun waktu *fuzzy* musiman berbasis SARIMA dan model multiplikatif neuron. Ia menerapkannya pada data jumlah tagihan yang diterima oleh penyedia layanan kesehatan. Sebagai perbandingan, data juga dianalisis dengan pendekatan runtun waktu *fuzzy* lainnya. Penelitian ini diperoleh bahwa metode berbasis SARIMA dan model multiplikatif neuron memiliki akurasi peramalan terbaik dibandingkan dengan metode lain [1]. Pada tahun 2020, Ramadani dkk

melakukan peramalan harga bitcoin dengan menggunakan tiga metode FTS yaitu FTS-Chen, FTS-Segmented Chen dan FTSMC. Dari hasil penelitian tersebut, diperoleh metode FTSMC memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dibandingkan dengan metode FTS lainnya karena memiliki nilai MAPE yang paling kecil [19].

Berdasarkan uraian penelitian yang telah dilakukan, pemodelan yang dilakukan dengan model SARIMAX memperlihatkan hasil yang cukup bagus dibandingkan model lainnya. Pada penelitian tersebut, beberapa peneliti membandingkan SARIMA dengan SARIMAX dan SARIMA *hybrid* model neuron. Dengan kata lain, belum terdapat perbandingan antara model SARIMA, SARIMAX, dan model *hybrid* SARIMA-FTSMC. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan diterapkan model SARIMA sebagai model dasar untuk data *seasonal*. Selain itu, juga akan diterapkan model SARIMAX sebagai model perluasan dari SARIMA dengan menambahkan variabel eksogen untuk memodelkan jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek. Kemudian akan diajukan suatu alternatif model baru yang disebut sebagai model *hybrid* SARIMA-FTSMC. Selanjutnya, hasil pemodelan dari model tersebut akan dibandingkan untuk menentukan model mana yang lebih baik diukur berdasarkan tingkat keakuratannya dengan melihat nilai MAE, RMSE dan MAPE dari masing-masing model.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan yang akan menjadi kajian dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana memodelkan jumlah penumpang kereta api dengan menggunakan model SARIMA, SARIMAX, dan *hybrid SARIMA-Fuzzy Time Series Markov Chain*?
2. Manakah model yang terbaik di antara model SARIMA, SARIMAX, dan *hybrid SARIMA-Fuzzy Time Series Markov Chain* untuk memodelkan jumlah penumpang kereta api?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah, tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Memodelkan jumlah penumpang kereta api dengan menggunakan model SARIMA, SARIMAX, dan *hybrid SARIMA-Fuzzy Time Series Markov Chain*.
2. Menentukan model yang terbaik di antara model SARIMA, SARIMAX, dan *hybrid SARIMA-Fuzzy Time Series Markov Chain*.

## 1.4 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan yaitu pada BAB I Pendahuluan akan dibahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan. BAB II Landasan teori, menjelaskan teori-teori sebagai dasar acuan yang terkait dalam pembahasan dan

mendukung masalah yang dibahas. BAB III Metode Penelitian, pada bab ini akan memaparkan tentang langkah-langkah menyelesaikan masalah yang telah dirumuskan. BAB IV Pembahasan dibahas mengenai proses pemodelan jumlah penumpang kereta api dengan menggunakan model SARIMA, SARI-MAX, dan *hybrid SARIMA-Fuzzy Time Series Markov Chain* dengan bantuan *software RStudio* dan *Microsoft Excel*. BAB V Penutup, memberikan kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh pada pembahasan dan juga disampaikan saran yang menjadi pedoman untuk peneliti selanjutnya.

