

SKRIPSI

**PERBANDINGAN PERAMALAN METODE SARIMA DAN
BAYESIAN STRUCTURAL TIME SERIES UNTUK DERET**

WAKTU MUSIMAN

**(STUDI KASUS : JUMLAH PENUMPANG KERETA API PT. KAI
COMMUTER WILAYAH JABODETABEK PERIODE 2012-2019)**



MUHAMMAD RIZAL

18106010035

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2022

**PERBANDINGAN PERAMALAN METODE SARIMA DAN
BAYESIAN STRUCTURAL TIME SERIES UNTUK DERET
WAKTU MUSIMAN**
(STUDI KASUS : JUMLAH PENUMPANG KERETA API PT. KAI
COMMUTER WILAYAH JABODETABEK PERIODE 2012-2019)

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Matematika



diajukan oleh

MUHAMMAD RIZAL
18106010035
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada
PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2022



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Muhammad Rizal
NIM : 18106010035
Judul Skripsi : Perbandingan Peramalan Metode SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series* Untuk Deret Waktu Musiman (Studi Kasus : Jumlah Penumpang Kereta Api PT. KAI Commuter Wilayah Jabodetabek Periode 2012-2019)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 15 Juli 2022

Pembimbing 1

Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc., Ph.D.
NIP: 19741003 200003 2 002

Pembimbing 2

Dr. Muhammad Wakid Musthofa, S.Si., M.Si.
NIP. 19800402 200501 1 003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1679/Un.02/DST/PP.00.9/08/2022

Tugas Akhir dengan judul : PERBANDINGAN PERAMALAN METODE SARIMA DAN BAYESIAN
STRUCTURAL TIME SERIES UNTUK DERET WAKTU MUSIMAN
(STUDI KASUS : JUMLAH PENUMPANG KERETA API PT. KAI COMMUTER
WILAYAH JABODETABEK PERIODE 2012-2019)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUHAMMAD RIZAL
Nomor Induk Mahasiswa : 18106010035
Telah diujikan pada : Jumat, 29 Juli 2022
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 62f0d6874a41f



Penguji I

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si.,
M.Si.
SIGNED

Valid ID: 62e736dab7c23



Penguji II

Mohammad Farhan Quadratullah, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 62f102a6652b7



Yogyakarta, 29 Juli 2022

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 62f36cb362cc0

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

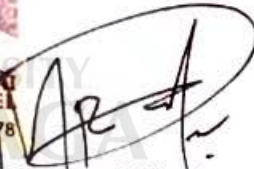
Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rizal
NIM : 18106010035
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 20 Juli 2022




Muhammad Rizal

HALAMAN PERSEMBAHAN

KARYA SEDERHANA INI PENULIS PERSEMBAHKAN UNTUK:
KEDUA ORANG TUA PENULIS, ETTA YAHARE, MAMA RIA DAN KAK TITI
YANG TELAH MEMBERIKAN DO'A, KASIH
DAN CINTA NYA YANG TAK TERBATAS.
KELUARGA DEKAT, SAHABAT DAN SEMUA ORANG-ORANG YANG
PERNAH SAYA KENAL.
ALMAMATER KAMPUS TERCINTA YANG BANYAK MEMBERIKAN
WARNA DALAM HIDUP SELAMA 4 TAHUN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA.

"MATEMATIKA ANGGARAN 2018 TERCINTA"

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

”Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(QS. Al Insyirah:5-6)

”Seperti juga orang tua yang enggan memberikan pisau karena takut anaknya terluka, maka Tuhan pun punya alasan kenapa menunda semua mimpi kita. Tuhan menunggu kita dewasa dan menyaksikan apakah kita sudah terlatih dalam menjaga setiap kepercayaan.”

(Kartini F.Astuti)

”Jangan pernah matikan mimpi kita. Terus kejar agar terwujud karena dia tidak akan pernah mati. Dia hanya akan pingsan dan datang kembali di usia tua dalam bentuk penyesalan.”

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya yang tak ternilai harganya berupa keimanan, kesabaran, kekuatan dan kelancaran. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Perbandingan Peramalan Metode SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series* Untuk Deret Waktu Musiman."

Mengenai skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pembimbing skripsi penulis, Ibu Sri Utami Zuliana, S.Si.,M.Sc.,Ph.D., atas sarannya "*Follow your passion, this is your thesis!*". Pertemuan rutin tiap dua pekan sekali memungkinkan penulis dalam mengenali progres pengerjaan skripsi ini. Bimbingan dan komentarnya mencegah penulis memilih cara yang lebih mudah. Juga, penulis ingin berterima kasih kepada Bapak Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si.,M.Si., yang sangat membantu dalam memperhatikan dan mengoreksi kaidah penulisan skripsi ini agar lebih baik. Selama menempuh perkuliahan ini penulis sangat berterima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, yang telah berinvestasi kepada penulis, melalui dukungan dana Beasiswa Unggulan. Tanpa mengurangi rasa hormat, penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Phil Al Makin, MA., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

3. Bapak Muchammad Abrori, S.Si.,M.Kom., selaku Ketua Program Studi Matematika dan dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan pengarahan kepada penulis dari awal perkuliahan hingga akhir.
4. Seluruh dosen program studi Matematika dan staf fakultas Sains dan Teknologi yang senantiasa memberikan ilmu dan layanan terbaik kepada penulis dari awal hingga akhir perkuliahan.
5. Kedua orang tua penulis, Etta Yahare, mama Ria, kak Titi dan keluarga besar yang telah memberikan banyak nasehat, kasih sayang, doa dan dukungannya sehingga penulis sampai ke titik ini.
6. Keluarga Matematika angkatan 2018 yang telah kebersamai selama 4 tahun dibangu perkuliahan, saling mendukung, berbagi ilmu dan banyak kenangan manis yang selalu dikenang.
7. Teman-teman seperbimbingan Wulan, Shofia, Halimah, Aura, Afa yang telah bersama-sama menemani selama bimbingan. Akhirnya drama ”di kejar-kejar, ditagih, diburu” atau apapun namanya udah kelar juga yah, Kalian Hebat!
8. Teman-teman marbot masjid Al-Mutmainnah yang senantiasa menemani dan menjadi keluarga baru di perantauan Yogyakarta tercinta.
9. Teman-teman KKN 105 Bhakti Kalijaga yang sangat ambis dan supportif, terima kasih cerita 50 hari nya selama KKN.
10. Teman-teman dekat, Fajar, Halimah. Buat Ambar makasih banget udah ngajarin aku nulis skripsi ini pake *Latex*. *Overall thanks* sudah bareng-bareng ngelewatin masa-masa sulit ini.

11. Buat Mas Ezra makasih banyak atas luangan waktunya membantu penulis dalam memahami persamaan-persamaan matematis, ngobrol pasca kampus. Buat Yogi makasih juga atas diskusi-diskusi komputasi nya selama ini.
12. Buat kak Mazlan, kak Dwika, kak Isna, kak Mubin, kak Vida terima kasih sudah menjadi energi positif dan keluarga di perantauan ini. Buat kak Mazlan makasih atas arahan dan sarannya selama di bangku kuliah.
13. Terakhir semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu-persatu, semoga dimudahkan segala urusannya.

Penulis sangat menyadari tidak ada yang sempurna di dunia ini. Oleh karena itu segala bentuk saran, kritik atas skripsi ini penulis menerimanya dengan senang hati. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan semua kalangan yang membutuhkan untuk dijadikan referensi dalam menulis. Akhir kata semoga Allah SWT melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, *Aamiin*.

Yogyakarta, 20 Juli 2022

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Muhammad Rizal

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMBANG	xvii
INTISARI	xix
ABSTRACT	xx
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah	6
1.4. Tujuan Penelitian	7
1.5. Manfaat Penelitian	7
1.6. Sistematika Penulisan	7
II TINJAUAN PUSTAKA	9
III DASAR TEORI	15
3.1. Pengertian Data	15

3.2. Peramalan (<i>Forecasting</i>)	16
3.2.1. Jenis-Jenis Metode Peramalan	21
3.3. Analisis Runtun Waktu	21
3.3.1. Stasioneritas Data	22
3.3.2. Stasioner dalam rata-rata	23
3.3.3. Stasioner dalam varians	24
3.3.4. <i>Autocorrelation Function</i> (ACF)	24
3.3.5. <i>Partial Autocorrelation Function</i> (PACF)	26
3.4. Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA)	26
3.5. Model <i>Autoregressive</i> (AR) Musiman	27
3.6. Model <i>Moving Average</i> (MA) Musiman	27
3.7. Model <i>Seasonal Autoregressive Moving Average</i> (SARMA)	28
3.8. Model <i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average</i> (SARIMA)	28
3.9. Kriteria Pemilihan Model Terbaik	34
3.10. Metode <i>Bayesian</i>	35
3.11. <i>Bayesian Structural Time Series Model</i>	36
3.11.1. <i>Library</i> BSTS	42
3.11.2. Penggunaan parameter <i>state.specification</i> pada <i>framework</i> R	43
3.11.3. Macam-macam kerangka model untuk BSTS pada <i>framework</i> R	44
3.11.4. Macam – macam tipe <i>prior</i> yang dapat digunakan pada <i>Framework</i> R	45
3.12. Menentukan Distribusi <i>Prior</i>	46
3.13. Fungsi <i>Likelihood</i>	48
3.14. Distribusi <i>Posterior</i>	48

3.15. <i>Markov Chain Monte Carlo</i> (MCMC)	51
3.16. <i>Gibbs Sampling</i>	52
3.17. Peramalan <i>Bayesian Structural Time Series</i>	53
3.18. Ukuran Akurasi Peramalan	54
IV METODE PENELITIAN	57
4.1. Pendekatan Penelitian	57
4.2. Data	57
4.3. Metode Pengolahan Data	57
4.4. Diagram Analisis Data (<i>Flowchart</i>)	59
V HASIL DAN PEMBAHASAN	61
5.1. Deskripsi Data Penelitian	61
5.2. Kestasioneran Data	63
5.3. Identifikasi Model dan Pendugaan Parameter	66
5.4. Diagnostik Model	71
5.5. Pemilihan Model Terbaik	73
5.6. Peramalan Menggunakan SARIMA	78
5.7. <i>Bayesian Stuructural Time Series Model</i>	79
5.8. Peramalan Menggunakan <i>Bayesian Structural Time Series</i>	79
5.9. Perbandingan Kinerja Peramalan SARIMA dan BSTS	84
VI PENUTUP	87
6.1. Kesimpulan	87
6.2. Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	94
A Data	94
B Source Code Program R	96

C Biodata Penulis 112



DAFTAR TABEL

2.1	Persamaan dan Perbedaan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu	13
3.1	Transformasi <i>Box-Cox</i>	24
3.2	Pola ACF dan PACF untuk komponen non musiman	30
3.3	Pola ACF dan PACF untuk komponen musiman	30
3.4	Kriteria <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE)	55
5.1	Data Keseluruhan jumlah penumpang kereta api PT. KAI Commuter wilayah Jabodetabek (ribu orang)	61
5.2	Deskriptif data jumlah penumpang kereta api PT. KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019	62
5.3	Penentuan model terbaik berdasar AIC	70
5.4	Hasil uji <i>Ljung-Box</i> sisaan pada model SARIMA	71
5.5	Pemeriksaan kenormalan sisaan	72
5.6	Pemeriksaan homogenitas	73
5.7	Perbandingan hasil peramalan data model SARIMA (2,1,0)(0,1,1)[12] dan SARIMA (1,1,0)(1,1,1) [12]	74
5.8	Nilai <i>error</i>	77
5.9	Hasil peramalan model <i>Bayesian Structural Time Series</i>	82
5.10	Hasil peramalan data testing menggunakan model SARIMA dan BSTS terbaik	84
1.1	Data jumlah penumpang Kereta Api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019	94

DAFTAR GAMBAR

1.1	Data <i>time series</i> jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019	3
1.2	Grafik jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019 Untuk Memperjelas Pola Musiman Dalam Data	4
3.1	Pola data <i>trend</i>	18
3.2	Pola data musiman	19
3.3	Pola data horizontal	20
3.4	Pola data siklis	20
5.1	Data <i>time series</i> jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019	63
5.2	<i>Box Cox</i> data jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek	64
5.3	Plot ACF dan PACF data jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek yang belum stasioner dalam rata-rata	65
5.4	Plot ACF dan PACF data jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek setelah dilakukan <i>differencing</i>	65
5.5	Plot ACF dan PACF data jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek <i>differencing</i> non-musiman	67
5.6	Plot ACF dan PACF data jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek <i>differencing</i> musiman	68
5.7	Plot sebaran normal sisaan model SARIMA (2,1,0)(0,1,1)[12] dan SARIMA (1,1,0)(1,1,1)[12]	73

5.8	Plot peramalan SARIMA (2,1,0)(0,1,1)[12]	75
5.9	Plot peramalan SARIMA (1,1,0)(1,1,1)[12]	76
5.10	Plot <i>time series</i> parameter variansi	80
5.11	Histogram distribusi parameter varians Model <i>Bayesian</i>	81
5.12	Plot peramalan BSTS	83
5.13	Plot data aktual dan peramalan menggunakan SARIMA dan BSTS	86



DAFTAR LAMBANG

p, P	= <i>autoregressive</i>
d, D	= <i>differencing</i>
q, Q	= <i>moving average</i>
$\Phi_P(B^s)$	= tingkat <i>autoregressive</i> musiman
$\phi_p(B)$	= tingkat <i>autoregressive</i> non musiman
$(1 - B^s)^D$	= tingkat <i>differencing</i> musiman
$(1 - B)^d$	= tingkat <i>differencing</i> non musiman
$\theta_q(B)$	= <i>moving average</i> non musiman
$\Theta_Q(B^s)$	= <i>moving average</i> musiman
Z_t	= data aktual periode t
B	= operator langkah mundur (<i>backshit operator</i>)
α_t	= kesalahan periode t
P_k	= PACF teoritis
Z_t	= nilai variabel <i>time series</i> pada waktu ke- t
Z_{t+k}	= data yang dipisahkan oleh waktu ke- k , dengan $k = 0, 1, 2, \dots$
\bar{Z}_t	= dugaan dengan model linear

α	= tingkat signifikansi
θ	= parameter proporsi
L	= <i>likelihood</i>
e	= eksponensial
Γ	= fungsi <i>gamma</i>
$p(\theta y)$	= distribusi <i>posterior</i>
$p(\theta)$	= distribusi <i>prior</i>
$f(y \theta)$	= nilai <i>likelihood</i> dari sampel
$p(y)$	= <i>normalized constant</i> yang dapat diabaikan
y_t	= data pengamatan pada periode waktu ke- t
x_t	= vektor berdimensi $1 \times K$ dengan elemen variabel bebas
z_t	= vektor berdimensi $1 \times p$ yang mengandung input komponen
β	= koefisien regresi dari variabel bebas
θ_t	= vektor berdimensi $p \times 1$ yang berisi p persamaan <i>state</i> parameter
h	= parameter presisi yang didefinisikan sebagai $h = 1/\sigma^2$
T_t	= matriks transisi dengan dimensi $p \times p$
$z_t = z, T_t = T.v_t$	= vektor berdimensi $p \times 1$ independen

INTISARI

Perbandingan Peramalan Metode SARIMA dan *Bayesian Structural Time*

Series Untuk Deret Waktu Musiman

(Studi kasus : Jumlah penumpang kereta api PT. KAI Commuter wilayah

Jabodetabek periode 2012-2019)

Muhammad Rizal

18106010035

SARIMA dan Bayesian Structural Time Series merupakan metode runtun waktu yang dapat digunakan untuk data yang mengandung musiman. Data jumlah penumpang kereta api commuter wilayah Jabodetabek memiliki pola musiman dan tidak stasioner. Penelitian ini bertujuan mengetahui langkah-langkah model SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series*, mengaplikasikan model SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series*, memperoleh hasil dan akurasi peramalan model SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series* dengan pengukuran MAPE. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif yang diterapkan pada data jumlah penumpang kereta api PT KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model terbaik untuk peramalan jumlah penumpang kereta api PT KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019 adalah SARIMA (2,1,0)(0,1,1)[12] dengan nilai MAPE sebesar 3.16% dibandingkan dengan metode *Bayesian Structural Time Series* [12] yaitu sebesar 3.74%.

Kata Kunci: SARIMA, *Bayesian Structural Time Series*, Peramalan.

ABSTRACT

Comparison of SARIMA and Bayesian Structural Time Series Forecasting For Seasonal Time Series

(Case study : The number of train passengers of PT. KAI Commuter for
Jabodetabek area 2012-2019)

Muhammad Rizal

18106010035

SARIMA and Bayesian Structural Time Series are time series methods that can be used for data containing seasonality. Data on the number of commuter train passengers in the Jabodetabek area has a seasonal and non-stationary pattern. This study aims to determine the steps of the SARIMA and Bayesian Structural Time Series models, apply the SARIMA and Bayesian Structural Time Series models, obtain results and forecasting accuracy of the SARIMA and Bayesian Structural Time Series models with MAPE measurements. The research method used is a quantitative method which is applied to the data on the number of train passengers of PT KAI Commuter in the Jabodetabek area for the period 2012-2019. The results of this study indicate that the best model for forecasting the number of train passengers of PT KAI Commuter in the Jabodetabek area for the period 2012-2019 is SARIMA (2,1,0)(0,1,1)[12] with a MAPE value of 3.16% compared to the previous method Bayesian Structural Time Series [12] which is equal to 3.74%.

Keywords: SARIMA, Bayesian Structural Time Series, Forecasting.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Peramalan dan pemodelan data runtun waktu saat ini populer digunakan di berbagai bidang termasuk di bidang transportasi. Berbagai metode peramalan yang biasa digunakan baik oleh para akademisi maupun praktisi seperti metode *Autoregressive*, *Moving Average*, *Autoregressive Moving Average*, ARCH/GARCH dan masih banyak metode peramalan yang lain. Peramalan merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk mengetahui suatu kejadian di masa yang akan datang berdasarkan kejadian-kejadian di masa lampau. Metode peramalan telah banyak dikembangkan dalam analisis runtun waktu (*time series*). Metode-metode tersebut sebagian besar dikembangkan berdasarkan asumsi residual berdistribusi normal dan stasioner.

Salah satu metode peramalan yang menerapkan asumsi tersebut adalah *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA). SARIMA sangat baik ketepatannya untuk peramalan jangka pendek. Sebagai adopsi dari metode ARIMA, metode ini diperkenalkan ke publik oleh George Box dan Gwilyn Jenkins pada tahun 1970 (Box & Jenkins, 1976). Perbedaan yang mendasar dari metode SARIMA ini adalah dikhususkan untuk data yang dipengaruhi faktor musiman dari metode ARIMA. Model SARIMA secara penuh mengabaikan variabel independen dalam membuat peramalan. Kelebihan dari metode ini adalah dapat menerima semua jenis pola data runtun waktu (*time series*) meskipun pada prosesnya harus distasionerkan-

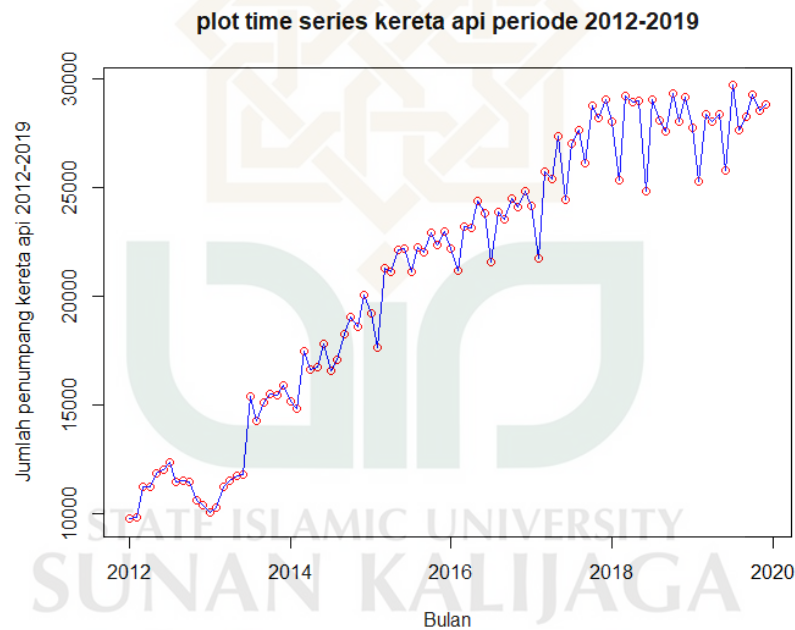
an terlebih dahulu. Dalam model SARIMA, model AR musiman memprediksi Z_t menggunakan nilai data pada *lag* dengan kelipatan S , sementara model MA musiman memprediksi Z_t menggunakan *error* dengan *lag* yang merupakan kelipatan S .

Selain metode statistika yang umum digunakan dalam peramalan, terdapat peramalan dengan melakukan pendekatan *Bayesian*, di mana model *Bayesian* memiliki ciri-ciri menghasilkan data runtun waktu secara terstruktur dan umumnya memiliki bentuk model yang probabilistik. Model *Bayesian* dapat memberikan informasi lebih detail dibandingkan model-model deterministik lainnya dikarenakan pada dasarnya model peramalan deterministik hanya menggunakan satu model dasar saja dan akan mengabaikan model lainnya yang signifikan, sehingga pola data yang diperoleh tidak memiliki variasi yang tinggi. Sedangkan model *Bayesian* menggabungkan beberapa model yang sudah signifikan sehingga hasilnya sering disebut sebagai hasil peramalan gabungan.

Bayesian Structural Time Series Model adalah satu dari beberapa metode yang dapat digunakan dalam peramalan data runtun waktu. Model ini dibangun oleh Steven L. Scott dan Hal Varian pada tahun 2014 (Scott & Varian, 2014). Perbedaan yang signifikan dari model ini dengan model-model runtun waktu lainnya adalah metode ini dapat digunakan pada suatu data set yang terbatas dengan cara menggabungkan informasi *prior* dengan informasi yang dimiliki oleh data yang diobservasi. Proses penggabungan tersebut dari data set yang terbatas dinilai dapat meningkatkan presisi dari penaksiran parameter dengan meminimumkan varians kekeliruan (Putri, 2020). Perlu diketahui bahwa jika terdapat *missing data* dan diabaikan atau bahkan diatasi dengan tidak benar maka kondisi ini dapat menghasilkan bias dan ketidakhandalan pada data (Mason et al., 2010). Tidak hanya itu, hal

utama yang dapat menjadi pertimbangan adalah *Bayesian* dengan representasinya tidak bergantung pada *differencing*, *lag* dan *moving average* dan dapat digunakan untuk menangkap pola *trend*, *seasonal* dan komponen-komponen sejenis dalam suatu rangkaian data runtun waktu.

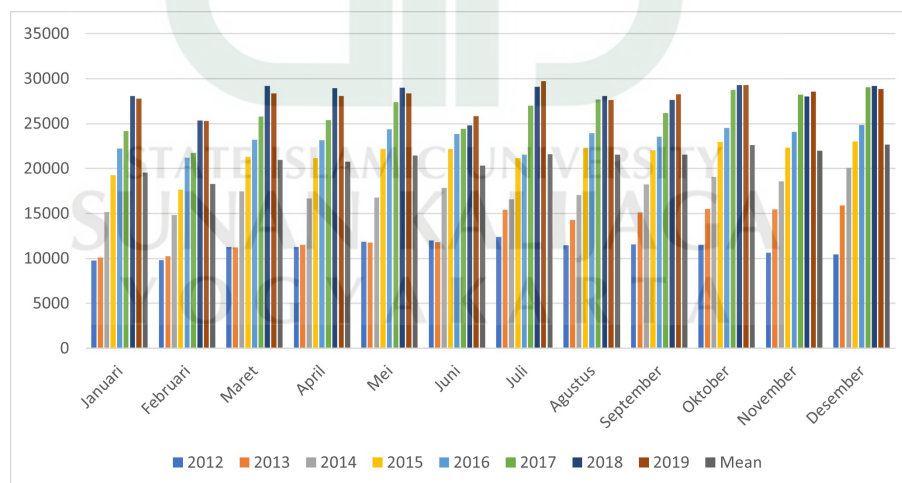
Hasil peramalan yang baik dihasilkan ketika metode peramalan yang digunakan sesuai dengan kondisi suatu data. Menurut Efendi (2017) data jumlah penumpang kereta api commuter wilayah Jabodetabek memiliki pola musiman dan tidak stasioner.



Gambar 1.1 Data *time series* jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019

Ditinjau dari data jumlah penumpang kereta api commuter wilayah Jabodetabek pada Gambar 1.1, dalam kurung waktu lima tahun terakhir kenaikan paling besar umumnya didominasi pada bulan Desember dikarenakan mendekati hari libur natal dan tahun baru dan pada bulan Januari tahun selanjutnya akan mengalami penurunan. Sebagai contoh jumlah penumpang kereta api Desember 2015 yang

mencapai 22996 penumpang kemudian pada tahun selanjutnya Januari 2016 mengalami penurunan jumlah menjadi 22238 penumpang. Pada bulan Desember 2016 juga mengalami peningkatan jumlah penumpang yaitu 24841 penumpang kemudian pada tahun selanjutnya Januari 2017 mengalami penurunan menjadi 24185 penumpang, begitupun ketika kita melihat rata-rata yang diperoleh masing-masing bulan di mana pada bulan Desember diperoleh rata-rata jumlah penumpang paling besar yaitu 22672 penumpang dan akan mengalami penurunan rata-rata jumlah penumpang pada bulan Januari yaitu 19569 penumpang, data tersebut berpola musiman. Pada Gambar 1.2 adalah grafik data jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019 untuk memperjelas pola musiman dalam data. Metode yang dapat digunakan untuk data yang mengandung pola musiman dapat dimodelkan dengan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) (Hyndman & Athanasopoulos, 2018) dan *Bayesian Structural Time Series* (Scott & Varian, 2014).



Gambar 1.2 Grafik jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019 Untuk Memperjelas Pola Musiman Dalam Data

PT KAI Commuter Jabodetabek merupakan salah satu anak perusahaan yang ada di lingkungan PT Kereta Api Indonesia (Persero) yang mengelola KA Commu-

ter Jabodetabek dan sekitarnya. Terbentuk sesuai dengan Inpres No. 5 tahun 2008 dan Surat Menteri BUMN No. S-653/MBU/2008 tanggal 12 Agustus 2008. PT KAI Commuter Jabodetabek merupakan transportasi darat yang digunakan untuk perjalanan yang selain harganya relatif terjangkau waktu yang dibutuhkan juga tergolong cepat untuk mengantarkan ke lokasi tujuan karena bebas dari kemacetan di jalan (Semuel & Wijaya, 2009).

Seiring pesatnya perkembangan teknologi, dalam mengatasi kuantitas penumpang yang semakin bertambah, diperlukan adanya peramalan atau prediksi jumlah penumpang untuk N waktu yang akan datang, sehingga dapat dipersiapkan kebijakan yang tepat jika terjadi kenaikan jumlah penumpang kereta api. Dalam *Al-Quran Al-Hasyr* ayat 18 juga sudah dijelaskan agar kita mempersiapkan dan memperhatikan masa yang akan datang.

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَلْتَنْظُرْ نَفْسٌ مَّا قَدَّمَتْ لِغَدٍ وَاتَّقُوا اللَّهَ
إِنَّ اللَّهَ خَبِيرٌ بِمَا تَعْمَلُونَ

Artinya: "Wahai orang-orang yang beriman! Bertakwalah kepada Allah dan hendaklah setiap orang memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat), dan bertakwalah kepada Allah. Sungguh, Allah Maha teliti terhadap apa yang kamu kerjakan."

Target dalam penelitian ini adalah untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api commuter wilayah Jabodetabek untuk N periode ke depan dengan membandingkan dua metode peramalan yaitu *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) dan *Bayesian Structural Time Series* (BSTS). Dengan membandingkan dua metode ini akan diperoleh metode mana yang memberikan arah peramalan yang lebih baik untuk meramalkan jumlah penumpang kereta api

PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019 dengan akurasi pengukuran MAPE.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang diperoleh rumusan masalah dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana langkah-langkah model SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series*?
2. Bagaimana mengaplikasikan model terbaik SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series* pada peramalan jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek?
3. Bagaimana hasil dan akurasi peramalan model SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series* dengan pengukuran akurasi MAPE?

1.3. Batasan Masalah

Agar fokus pada sasaran yang diharapkan maka perlu dilakukan pembatasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Peramalan jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek.
2. Variabel yang digunakan yaitu data periode bulanan dari tahun ke tahun mulai bulan Januari 2012 hingga Desember 2019.
3. Evaluasi kinerja peramalan menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).
4. *Software* yang digunakan adalah R versi R.4.1.3.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui langkah-langkah model SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series*.
2. Mengaplikasikan model SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series* pada jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek.
3. Memperoleh hasil dan akurasi peramalan model SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series* dengan pengukuran akurasi MAPE.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik dari segi teoritis maupun segi praktis. Manfaat secara teoritis yang diperoleh adalah menjadi tambahan acuan dalam mengkaji dan menambah dinamika keilmuan dalam mengembangkan model SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series*. Sedangkan manfaat secara praktis adalah diperoleh perkiraan pada jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek sehingga bisa dijadikan landasan dalam mengambil keputusan oleh pihak-pihak terkait dan juga diharapkan penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika pada penelitian ini yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang uraian studi literatur, referensi penelitian terdahulu yang

dijadikan rujukan dan batasan dalam penelitian ini.

BAB III DASAR TEORI

Pada bab ini menjelaskan terkait landasan teori yang menjadi acuan, berisi tentang konsep, hipotesis dan rancangan penelitian.

BAB IV METODE PENELITIAN

Pada bab ini membahas terkait metode penelitian yang akan digunakan dalam pemecahan masalah yang berisi tentang pendekatan penelitian, sumber data, metode pengolahan data dan diagram analisis data.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan proses analisis data yang kemudian hasilnya diinterpretasikan secara terperinci.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan oleh penulis.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab V, maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Rumus model SARIMA adalah

$$\Phi_P(B^s)\phi_p(B)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\alpha_t$$

dan rumus model Bayesian *Structural Time Series* adalah

$$y_t = x_t\beta + z_t\theta_t + \varepsilon_t.$$

2. Model SARIMA (2,1,0)(0,1,1)[12] pada jumlah penumpang kereta api PT.KAI

Commuter wilayah Jabodetabek peroleh persamaan:

$$Z_t = Z_{t-12} + Z_{t-1} - Z_{t-13} + 1.2479Z_{t-1} - 1.2479Z_{t-13} - 1.2479Z_{t-2} + 1.2479Z_{t-14} + \alpha_t - 1.3197\alpha_{t-12}$$

sedangkan model pada *Bayesian Structural Time Series* [12] adalah

$$y_t = x_t\beta + z_t\theta_t + \varepsilon_t.$$

3. Hasil dan akurasi dari kedua metode tersebut sebagai berikut:
 - a. Hasil peramalan metode SARIMA (2,1,0)(0,1,1)[12] pada jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019 menunjukkan bahwa pada tahun 2019 jumlah penumpang tertinggi

terjadi pada bulan Desember yang mencapai 30395 penumpang dan jumlah penumpang terendah terjadi pada bulan Februari sebesar 25732 penumpang. Akurasi pengukuran MAPE peramalan model SARIMA (2,1,0)(0,1,1)[12] yaitu sebesar 3.16%.

- b. Hasil peramalan metode *Bayesian Structural Time Series* [12] pada jumlah penumpang kereta api PT.KAI Commuter wilayah Jabodetabek periode 2012-2019 menunjukkan bahwa pada tahun 2019 jumlah penumpang tertinggi terjadi pada bulan Desember yang mencapai 30435 penumpang dan jumlah penumpang terendah terjadi pada bulan Februari sebesar 25823 penumpang. Akurasi pengukuran MAPE peramalan model *Bayesian Structural Time Series* [12] yaitu sebesar 3.74%.

6.2. Saran

Setelah membahas perbandingan metode SARIMA dan *Bayesian Structural Time Series* pada data musiman, penulis ingin menyampaikan beberapa saran.

1. Menyertakan komponen regresi pada Model SARIMA dan BSTS.
2. Membandingkan kinerja kedua metode dengan ketersediaan data (*history*) yang panjang dan pendek.
3. Membandingkan kinerja kedua metode dengan data yang mengandung *missing* (data yang hilang).

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyinka, D. A. & Muhajarine, N. (2020). Time series prediction of under-five mortality rates for nigeria: comparative analysis of artificial neural networks, holt-winters exponential smoothing and autoregressive integrated moving average models. *BMC medical research methodology*, 20(1):1–11.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, 19(6):716–723.
- AL-Moders, A. H. & Kadhim, T. H. (2021). Bayesian structural time series for forecasting oil prices. *Ibn AL-Haitham Journal For Pure and Applied Science*, 34(2):100–107.
- Box, G. E. & Jenkins, G. M. (1976). Time series analysis: Forecasting and control san francisco. *Calif: Holden-Day*.
- Casella, G. & George, E. I. (1992). Explaining the gibbs sampler. *The American Statistician*, 46(3):167–174.
- Cryer, J. D. & Chan, K.-S. (2008). *Time series analysis: with applications in R (2nd ed.)*, volume 2. Springer.
- De Alba, E., Mendoza, M., et al. (2007). Bayesian forecasting methods for short time series. *The International Journal of Applied Forecasting*, 8:41–44.
- De Jong, P. & Shephard, N. (1995). The simulation smoother for time series models. *Biometrika*, 82(2):339–350.

- Efendi, S. R. (2017). Analisis peramalan jumlah penumpang kereta api dengan metode sarima. *Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.*
- Feroze, N. (2020). Forecasting the patterns of covid-19 and causal impacts of lockdown in top five affected countries using bayesian structural time series models. *Chaos, Solitons & Fractals*, 140:110196.
- Geraldly, J. (2018). *Analisis Perbandingan Perancangan Peramalan Data Frekuensi Obat Terjual Dengan Periode Bulan Menggunakan Metode Deret Waktu Arima Dan Bayesian Pada Penjualan Apotik Sahabat Jaya Berbasis Web.* PhD thesis, Universitas Bina Nusantara.
- Haris, G., El Akbar, R. R., & Aldya, A. P. (2019). Implementasi dashboard pada aplikasi pengolahan data kerja sama di universitas siliwangi. *SAIS— Scientific Articles of Informatics Students*, 2(1):35–41.
- Hyndman, R. J. & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice.* OTexts.
- Ibrahim, J. G., Chen, M.-H., & Lipsitz, S. R. (2002). Bayesian methods for generalized linear models with covariates missing at random. *Canadian Journal of Statistics*, 30(1):55–78.
- Ilmiyah, M. (2018). *Aplikasi metode Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average dan Winter's Exponential Smoothing untuk meramalkan omzet koperasi Al-Kautsar Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.* PhD thesis, UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Iriawan (2001). Penaksiran model mixture normal univariabel: Suatu pendekatan

- metode bayesian dengan mcmc. *Prosiding Seminar Nasional dan Konferda VII Matematika Wilayah DIY dan Jawa Tengah*, pages 105–110.
- Jaya, I. & Folmer, H. (2020). Bayesian spatiotemporal mapping of relative dengue disease risk in bandung, indonesia. *Journal of Geographical Systems*, 22(1):105–142.
- Jaya, I., Folmer, H., Ruchjana, B. N., Kristiani, F., & Andriyana, Y. (2017). Modeling of infectious diseases: a core research topic for the next hundred years. In *Regional Research Frontiers-Vol. 2*, pages 239–255. Springer.
- Koop, G. (2003). *Bayesian Econometrics*. England: John Wiley and Sons Ltd.
- Kuncoro, M. (2001). Metode kuantitatif: Teori dan aplikasi untuk bisnis dan ekonomi (edisi i). *Yogjakarta: AMP YKPN*.
- Maricar, M. A. (2013). Analisa perbandingan nilai akurasi moving average dan exponential smoothing untuk sistem peramalan pendapatan pada perusahaan xyz. *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*, 13(2):36–45.
- Mason, A., Best, N., Plewis, I., & Richardson, S. (2010). Insights into the use of bayesian models for informative missing data. *Imperial College London*.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Introduction to time series analysis and forecasting*. John Wiley & Sons.
- Musianto, L. S. (2002). Perbedaan pendekatan kuantitatif dengan pendekatan kualitatif dalam metode penelitian. *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan (Journal of Management and Entrepreneurship)*, 4(2):123–136.
- Pole, A., West, M., & Harrison, J. (1994). *Applied Bayesian Forecasting and Time Series Analysis*. CRC Press.

- Putri, V. N. (2020). Peramalan curah hujan harian kota bandung menggunakan metode bayesian time series model. *Universitas Padjajaran*.
- Russell, R. S. & Taylor, B. W. (2005). *Operations Management*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The annals of statistics*, pages 461–464.
- Scott, S. L., Scott, M. S. L., Scott, M. S., BoomSpikeSlab, D., & Boom, L. (2021). Package ‘bsts’.
- Scott, S. L. & Varian, H. R. (2014). Predicting the present with bayesian structural time series. *International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation*, 5:4–23.
- Semuel, H. & Wijaya, N. (2009). Service quality, perceive value, satisfaction, trust, dan loyalty pada pt. kereta api indonesia menurut penilaian pelanggan surabaya. *Jurnal Manajemen Pemasaran*, 4(1):23–37.
- Shumway, R. H., Stoffer, D. S., & Stoffer, D. S. (2016). *Time series analysis and its applications (4th ed.)*, volume 3. Springer.
- Subagyo, P. (1986). Forecasting. *Konsep dan Aplikasi, BPPE–UGM, Yogyakarta*.
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series (Third Edition)*. Chicago: Wiley.
- Utomo, P. (2020). *Peramalan jumlah penumpang kereta api di Indonesia menggunakan metode seasonal autoregressive integrated moving average*. PhD thesis, UIN Sunan Ampel Surabaya.

William, W. & Wei, S. (2006). Time series analysis: univariate and multivariate methods in technometrics. USA, Pearson Addison Wesley, *Segunda edicion*. Cap, 33:108.

Zakiah, L. (2018). *Peramalan Kejadian Demam Berdarah Dengue di Jawa Timur Menggunakan Metode Arima dan Ingarch*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

