

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu membahas perbandingan efektivitas antara dua metode peramalan curah hujan, yaitu *Fuzzy Time Series* (FTS) model *Chen* dan *Auto Regressive Integrated Moving Average* (ARIMA), dengan tujuan untuk mengeksplorasi keandalan dan akurasi setiap model dalam data tanpa pola musiman yang jelas. Penelitian dilakukan dengan menggunakan analisis kuantitatif, mengandalkan metrik evaluasi seperti *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Mean Squared Error* (MSE) untuk menilai kinerja masing-masing metode. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ARIMA (4,1,0) unggul dengan nilai MAPE sebesar 106,50 dan MSE sebesar 20,085.69, sedangkan model FTS menghasilkan nilai MAPE 145,40 dan MSE 21,000.92. Pembahasan mengindikasikan bahwa meskipun kedua metode mengalami penyimpangan dalam prediksi, ARIMA lebih mampu menangkap kompleksitas dalam data curah hujan, menjadikannya alat yang lebih dapat diandalkan untuk peramalan dalam konteks ini. Penelitian ini memberikan wawasan penting bagi pengambilan keputusan terkait manajemen risiko cuaca di Kota Bengkulu [9].

Penelitian terdahulu membandingkan akurasi dua metode peramalan, yaitu Seasonal ARIMA (SARIMA) dan Extreme Learning Machine (ELM), dalam memprediksi jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Bali. Data yang digunakan adalah jumlah wisatawan asing yang datang melalui Bandara Ngurah Rai pada periode tahun 2014 hingga 2019. Evaluasi akurasi model dilakukan menggunakan metrik Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SARIMA menghasilkan nilai MAPE sebesar 4,97%, sedangkan ELM sebesar 7,62%. Meskipun kedua metode termasuk dalam kategori sangat baik (MAPE < 10%), SARIMA terbukti lebih unggul dalam hal akurasi pada studi kasus tersebut. [10].

Penelitian terdahulu bertujuan untuk meramalkan jumlah impor migas dan non-migas Indonesia dari November 2021 hingga Agustus 2024 berdasarkan data historis Januari 2019 sampai Oktober 2021, guna membantu pengambilan

keputusan dalam pengelolaan energi dan kebijakan impor. Penelitian ini menggunakan Metode *Fuzzy Time Series Cheng* yang memiliki keunggulan dalam mengolah data time series tanpa asumsi statistik yang ketat, dengan tahapan mulai dari penentuan himpunan semesta, *fuzzyfikasi* data, pembentukan relasi logika *fuzzy* (FLR dan FLRG), hingga proses *defuzzyfikasi* untuk memperoleh nilai prediksi. Berdasarkan hasil perhitungan dan grafik perbandingan antara data aktual dan prediksi, diketahui bahwa pola peramalan mengikuti tren historis secara akurat. Hasil evaluasi menggunakan *MAPE* menunjukkan tingkat kesalahan hanya sebesar 6%, yang berarti metode ini memiliki kinerja sangat baik dan dapat diandalkan untuk peramalan di bidang serupa [11].

Penelitian terdahulu bertujuan untuk meramalkan harga saham penutupan PT. Unilever Indonesia pada tanggal 20 Februari 2023 dengan memanfaatkan Metode *Fuzzy Time Series Lee* yang mampu menangani data jangka pendek, baik yang stasioner maupun tidak stasioner. Metode penelitian melibatkan proses penentuan himpunan semesta, *fuzzyfikasi* data, pembentukan hubungan logika *fuzzy* (FLR dan FLRG), serta *defuzzyfikasi* untuk memperoleh prediksi numerik, dengan akurasi pengukuran menggunakan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Penelitian ini menggunakan data harga penutupan saham PT. Unilever Indonesia dari 20 Februari 2020 hingga 17 Februari 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai prediksi harga saham untuk 20 Februari 2023 adalah 4.551, dan nilai *MAPE* sebesar 2,3172%, yang berarti model memiliki tingkat akurasi sangat baik. Pembahasan menunjukkan bahwa Metode *Fuzzy Time Series Lee* efektif dalam memodelkan dan meramalkan data saham dengan fluktuasi tinggi, dan cocok digunakan untuk pengambilan keputusan investasi jangka pendek [12].

Penelitian terdahulu memprediksi harga beras di Indonesia pada periode Januari hingga Juni 2024 guna membantu pemerintah dalam mengantisipasi fluktuasi harga dan merancang kebijakan harga yang tepat. Penelitian ini menggunakan Metode *ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)* dengan pendekatan *Box-Jenkins* untuk menganalisis data deret waktu harga beras dari Januari 2021 hingga September 2023 yang diperoleh dari BPS. Prosedur penelitian meliputi uji stasioneritas data, proses *differencing* hingga data menjadi

stasioner, analisis ACF dan PACF, penentuan parameter model, uji signifikansi, pemilihan model terbaik, dan perhitungan tingkat akurasi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Hasil analisis menunjukkan bahwa model terbaik yang dipilih adalah ARIMA(1,2,4), dengan nilai *MAPE* sebesar 6,937 yang menunjukkan bahwa hasil peramalan tergolong akurat. Pembahasan memperlihatkan bahwa model mampu menangkap pola naik-turunnya harga beras dan memberikan prediksi yang realistis, yang dapat menjadi dasar bagi pengambilan kebijakan strategis dalam menjaga stabilitas harga beras di pasar domestik [13].

2.2 Landasan Teori

2.1.1 Peramalan (*Forecasting*)

2.1.1.1 Definisi Peramalan

Peramalan adalah proses memperkirakan nilai di masa depan berdasarkan data historis dengan menggunakan model matematis atau statistik. Dalam konteks ekonomi, peramalan harga komoditas seperti daging sapi membantu pemangku kebijakan dan pelaku usaha dalam pengambilan keputusan strategis [14].

2.1.1.2 Pentingnya Peramalan

Pentingnya peramalan dalam dunia modern tidak bisa diabaikan. Peramalan memberikan dasar yang kuat bagi organisasi dan pemerintah dalam membuat keputusan yang proaktif, bukan reaktif. Dalam sektor ekonomi dan pangan, kemampuan untuk memperkirakan fluktuasi harga sangat membantu dalam menjaga kestabilan pasar, merancang kebijakan intervensi yang tepat, dan menghindari gejolak sosial akibat ketidakpastian harga. Peramalan juga memungkinkan pelaku usaha merencanakan produksi, distribusi, dan strategi pemasaran secara lebih efisien.

2.1.1.3 Klasifikasi Peramalan

Peramalan Jangka Menengah merupakan jenis peramalan yang mencakup rentang waktu antara satu hingga dua tahun dan digunakan untuk tujuan perencanaan taktis. Dalam konteks ini, peramalan harga eceran daging sapi dilakukan untuk jangka menengah guna memberikan gambaran proyeksi harga hingga dua tahun ke depan, yang diharapkan dapat membantu pengambilan

keputusan yang lebih akurat dalam pengelolaan rantai pasok dan stabilisasi harga pangan nasional. Karena jangka waktunya berada di antara operasional harian dan strategi jangka panjang, peramalan jangka menengah membutuhkan ketelitian dalam menangkap tren musiman dan fluktuasi yang mungkin terjadi akibat perubahan kebijakan atau dinamika pasar.

2.1.2 Data Time Series (Deret Waktu)

2.1.2.1 Definisi Data Series

Data *time series* atau deret waktu adalah kumpulan data yang diambil atau dicatat secara berkala dan berurutan berdasarkan waktu, seperti harian, bulanan, atau tahunan. Ciri khas data *time series* adalah adanya pola atau struktur waktu yang berulang, seperti tren jangka panjang, pola musiman, dan siklus [15]. Dalam konteks penelitian ini, data *time series* digunakan untuk mempelajari pergerakan harga eceran daging sapi dari waktu ke waktu agar dapat diprediksi nilainya di masa mendatang.

2.1.2.2 Komponen Data Series

Komponen utama dalam data *time series* meliputi tren, musiman, siklus, dan variasi acak. Tren menunjukkan arah umum jangka panjang dari data, seperti peningkatan atau penurunan harga dari waktu ke waktu. Musiman (*seasonality*) mencerminkan fluktuasi yang terjadi secara teratur dalam periode tertentu, misalnya kenaikan harga menjelang hari raya. Siklus (*cyclical*) merujuk pada pola jangka panjang yang tidak selalu berulang secara teratur, biasanya dipengaruhi oleh kondisi ekonomi atau kebijakan makro. Sementara itu, variasi acak (*irregular*) merupakan fluktuasi yang tidak dapat diprediksi, disebabkan oleh faktor-faktor tak terduga seperti bencana alam atau gangguan pasokan.

2.1.3 Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

2.1.3.1 Definisi Metode Arima

ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) adalah model statistik untuk menganalisis dan memprediksi data *time series* yang stasioner atau dapat dijadikan stasioner melalui *differencing*. ARIMA merupakan salah satu metode peramalan kuantitatif yang populer dalam analisis data *time series* [16]. Metode ini menggabungkan tiga komponen utama, yaitu *Autoregressive* (AR),

Integrated (I), dan *Moving Average* (MA). Komponen AR merepresentasikan hubungan antara nilai saat ini dan nilai-nilai sebelumnya, sedangkan komponen I digunakan untuk menjadikan data stasioner dengan cara *differencing*, dan MA memodelkan kesalahan dari prediksi masa lalu [17].

2.1.3.2 Langkah Langkah Metode Arima

1. Menyiapkan Data

Mengambil data harga per tahun (2020–2024) per provinsi. Data sudah dalam format numerik dan terurut berdasarkan waktu.

2. Uji Stasioneritas

Digunakan fungsi *Augmented Dickey-Fuller Test* (ADF) dari *statsmodels* untuk menguji apakah data *stasioner*. Jika *p-value* < 0.05 , maka data dianggap *stasioner*. Jika tidak, maka data perlu dilakukan *differencing* ($d=1$).

3. Menentukan Ordo Arima

a. ACF/PACF

Pendekatan ACF/PACF menggunakan grafik *autokorelasi* dan *parsial autokorelasi* untuk mengidentifikasi nilai p dan q secara visual. Namun, metode ini kurang efektif untuk data tahunan yang jumlahnya sangat sedikit, seperti hanya 5 tahun, karena grafik menjadi kurang informatif.

b. `auto_arima`

Memilih ordo terbaik secara otomatis berdasarkan kriteria AIC atau BIC. Meskipun praktis, `auto_arima` cenderung menghasilkan model dengan ordo tinggi dan performa evaluasi yang buruk pada data kecil, sehingga kurang cocok dalam konteks data terbatas seperti penelitian ini.

c. Manual (1,1,1)

Sebagai alternatif, digunakan pendekatan manual (1,1,1). Pemilihan ordo ini didasarkan pada pertimbangan teknis dan stabilitas model, terutama karena jumlah data terbatas. Selain itu, hasil evaluasi dari ordo manual justru menunjukkan performa yang lebih baik

dibanding `auto_arima`, sehingga dipilih untuk menjaga konsistensi dan keandalan antar provinsi.

4. Pelatihan Model

Model dilatih dengan data tahun 2020 hingga 2024. Model kemudian digunakan untuk memprediksi harga tahun 2025 dan 2026 dengan `forecast(steps=2)`.

5. Evaluasi Model

Untuk menilai keakuratan model, dilakukan pelatihan ulang menggunakan data tahun 2020–2022. Kemudian dilakukan prediksi untuk tahun 2023 dan 2024 dan dibandingkan dengan nilai aktual.

Perhitungan tingkat akurasi menggunakan MAE, RMSE, dan MAPE.

2.1.3.3 Konsep Metode Arima

ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) adalah salah satu metode statistik yang umum digunakan untuk menganalisis dan meramalkan data deret waktu. Metode ini menggabungkan tiga komponen utama, yaitu *Autoregressive* (AR), *Integrated* (I), dan *Moving Average* (MA). Komponen AR merepresentasikan hubungan linier antara nilai sekarang dan nilai-nilai sebelumnya dalam data. Komponen I menunjukkan proses *differencing* data satu atau lebih kali untuk mencapai stasioneritas, yang merupakan syarat penting dalam pemodelan ARIMA. Sedangkan komponen MA memperhitungkan hubungan antara nilai sekarang dengan kesalahan prediksi di masa lalu [18]. Model ARIMA direpresentasikan sebagai ARIMA(p,d,q), di mana p menunjukkan orde AR, d menunjukkan tingkat *differencing*, dan q menunjukkan orde MA, Dalam perhitungan ini digunakan model ARIMA(1,1,1).

Proses *differencing*:

$$Y'_t = Y_t - Y_{t-1}$$

Differencing dengan orde 1 ($d = 1$), maka data mengalami proses transformasi menjadi data selisih tahun-ke-tahun

ARIMA (1,1,1)

$$Y'_t = \phi \cdot Y'_{t-1} + \theta \cdot \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

Dengan:

6. ϕ : Koefisien AR(1)
7. θ : Koefisien MA(1)
8. ε : noise/residual pada waktu t

2.1.3.4 Fungsi Metode Arima

Fungsi utama dari metode ARIMA adalah untuk melakukan peramalan jangka pendek atau menengah pada data deret waktu yang bersifat *linier* dan memiliki pola historis yang dapat diidentifikasi [19]. Model ini sangat berguna dalam berbagai bidang seperti ekonomi, keuangan, dan industri untuk membantu proses pengambilan keputusan berbasis data. Dalam konteks penelitian ini, metode ARIMA digunakan untuk memodelkan dan meramalkan harga eceran daging sapi dengan harapan dapat memberikan gambaran akurat mengenai perkembangan harga di masa mendatang.

2.1.4 Metode *Fuzzy Time Series* (FTS)

2.1.4.1 Definisi Metode *Fuzzy Time Series* (FTS)

Fuzzy Time Series merupakan metode peramalan inovatif yang dikembangkan untuk mengatasi ketidakpastian dan ketidakjelasan dalam data *historis*, dengan menggabungkan teori himpunan *fuzzy* ke dalam analisis deret waktu konvensional [20]. Berbeda dengan pendekatan ARIMA yang mengandalkan model *statistik linier*, metode ini mampu memodelkan data yang tidak pasti dan bersifat linguistik melalui serangkaian tahapan sistematis—*fuzzifikasi* data historis, pembentukan relasi *fuzzy* yang menggambarkan pola ketergantungan antar nilai, serta *defuzzifikasi* untuk menghasilkan nilai prediksi yang konkret. Keunggulan *Fuzzy Time Series* terletak pada kemampuannya mengakomodasi data yang tidak selalu mengikuti pola matematis yang tegas, menjadikannya pilihan yang tepat untuk peramalan pada situasi dengan tingkat ketidakpastian tinggi dimana pendekatan konvensional kurang optimal [21].

2.1.4.2 Konsep Metode *Fuzzy Time Series* (FTS)

Metode *Fuzzy Time Series* yang digunakan dalam penelitian ini adalah model Chen, yang merupakan model orde pertama dan bersifat time-invariant sebagaimana diperkenalkan oleh S.M. Chen pada tahun 1996. Dengan langkah-

langkah sebagai berikut:

1. Menentukan Semesta Pembicaraan (*Universe of Discourse*)

Tentukan nilai minimum (*min*) dan maksimum (*max*) dari data historis.

Tambahkan margin bawah dan atas (misalnya ± 1000):

$$U = [\min - d, \max + d]$$

Bagi U menjadi sejumlah *interval* yang sama panjang:

$$\text{Panjang Interval} = \frac{(\max+d) - (\min-d)}{n}$$

Dimana:

1. d adalah margin (1000 dalam kode),
 2. n adalah jumlah *interval* (*default*: 7).
2. Menentukan *Interval* dan Titik Tengah (*Midpoint*)

Misal *interval* ke- i adalah:

$$I_i = [L_i, U_i]$$

Titik tengahnya:

$$M_i = \frac{L_i + U_i}{2}$$

3. *Fuzzifikasi* Data

Setiap nilai X_t dari data tahun ke- t dicari masuk ke *interval* ke- i , lalu diberi label: A_i

$$X_t \in I_i \Rightarrow X_t = A_i$$

4. Membentuk Relasi *Fuzzy* (FLR)

Setelah semua data diberi label *fuzzy* A_i , bentuk pasangan relasi *fuzzy*:

$$FLR: A_i \rightarrow A_{i+1}$$

5. Membentuk Grup Relasi *Fuzzy* (FLRG)

Kelompokkan semua FLR berdasarkan bagian kiri relasi:

$$\text{Jika } A_3 \rightarrow A_4, A_3 \rightarrow A_5, \Rightarrow A_3\{A_4, A_5\}$$

6. Prediksi (*Forecasting*)

Jika keadaan terakhir (tahun 2024) adalah A_i dan $FLRG(A_i) = \{A_j, A_k, \dots\}$, maka prediksi:

$$\hat{X}_{t+1} = \frac{M_j + M_k + \dots}{r}$$

1. M_j, M_k, \dots adalah *midpoint* dari *fuzzy sets* di sebelah kanan relasi,
2. r adalah jumlah *fuzzy set* tujuan.

Jika tidak ada relasi, gunakan:

$$\hat{X}_{t+1} = M_i$$

Jika tidak ditemukan relasi *fuzzy* dari data sebelumnya maka hasil prediksi menggunakan titik tengah dari hasil himpunan fuzzy terakhir

Aturan *defuzzyfikasi*

1. Jika *fuzzy set* terakhir (state terakhir) memiliki relasi dalam FLRG, maka:
 - a) Semua *fuzzy set* di bagian kanan FLRG (konsekuen) diambil nilai titik tengahnya (*midpoint*).
 - b) Nilai prediksi dihitung sebagai rata-rata dari seluruh *midpoint* tersebut.

$$Forecast = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i$$

Di mana m_i adalah nilai titik tengah dari *fuzzy set* ke- i dalam FLRG, dan n adalah jumlah *fuzzy set* dalam relasi tersebut.

2. Jika *fuzzy set* terakhir tidak memiliki relasi dalam FLRG (yaitu tidak ada konsekuen), maka:
 - a) Nilai prediksi ditentukan langsung dari titik tengah dari *fuzzy set* terakhir tersebut.

2.1.4.3 Fungsi Metode *Fuzzy Time Series* (FTS)

Fungsi dari metode *Fuzzy Time Series* adalah untuk menghasilkan peramalan yang fleksibel terhadap data yang fluktuatif dan tidak selalu mengikuti pola *linier*. FTS banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti pendidikan, cuaca, dan ekonomi, khususnya ketika data memiliki ketidakpastian tinggi atau tidak lengkap [22]. Dalam penelitian ini, metode FTS digunakan untuk menangkap pola-pola *non-linier* dalam perubahan harga eceran daging sapi. Dengan fleksibilitasnya, FTS mampu memberikan alternatif model peramalan yang tidak hanya mengandalkan keakuratan statistik, tetapi juga mempertimbangkan

interpretasi yang lebih mudah dipahami oleh pengambil keputusan.

2.1.5 Harga Eceran Daging Sapi

2.1.5.1 Definisi Harga Eceran Daging Sapi

Harga eceran daging sapi merupakan salah satu indikator penting dalam sektor pangan di Indonesia. Fluktuasi harga daging sapi dipengaruhi oleh banyak faktor seperti pasokan, permintaan, distribusi, musim, dan kebijakan pemerintah [23]. Mengingat pentingnya daging sapi sebagai sumber protein hewani yang banyak dikonsumsi masyarakat, peramalan harga eceran sangat bermanfaat untuk membantu perencanaan distribusi, kebijakan pangan, serta pengambilan keputusan bagi produsen, konsumen, dan pemangku kebijakan. Dalam penelitian ini, data harga eceran daging sapi diperoleh dari Badan Pangan Nasional (Bapanas).

2.1.5.2 Karakteristik Harga Eceran Daging Sapi

Harga eceran daging sapi di Indonesia memiliki karakteristik yang cenderung fluktuatif dan sensitif terhadap berbagai faktor, baik dari sisi permintaan maupun pasokan. Fluktuasi harga ini dipengaruhi oleh beberapa hal seperti distribusi logistik, kebijakan pemerintah, serta kondisi pasar global. Tingginya ketergantungan terhadap pasokan domestik dan impor juga turut berkontribusi terhadap ketidakstabilan harga di tingkat konsumen.

2.1.5.3 Penyaluran Harga Eceran Daging Sapi

Penyaluran harga eceran daging sapi dimulai dari peternak atau produsen, kemudian melewati beberapa rantai distribusi seperti pedagang besar, distributor, pengecer, hingga sampai ke konsumen akhir. Setiap mata rantai distribusi memiliki margin keuntungan yang menyebabkan harga di tingkat konsumen menjadi lebih tinggi dibandingkan harga di tingkat produsen. Oleh karena itu, efektivitas dan efisiensi jalur distribusi sangat menentukan stabilitas dan keterjangkauan harga eceran daging sapi. Pemerintah melalui kebijakan seperti operasi pasar, subsidi logistik, dan pengawasan harga memiliki peran penting dalam menstabilkan harga agar tetap terjangkau bagi masyarakat.

2.1.6 Python

2.1.6.1 Definisi Python

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat interpretatif

dan *open-source*, dikembangkan pertama kali oleh *Guido van Rossum* dan *dirilis* pada tahun 1991. *Python* dirancang dengan *sintaks* yang sederhana, mudah dibaca, dan mendukung berbagai paradigma pemrograman seperti prosedural, berorientasi objek, hingga fungsional. Kemampuannya yang fleksibel dan skalabel menjadikan *Python* sangat populer di bidang sains data, kecerdasan buatan, dan analisis deret waktu.

2.1.6.2 Peran *Python* dalam Penelitian

Python digunakan sebagai alat utama untuk menghitung dan menganalisis data menggunakan metode ARIMA dan *Fuzzy Time Series*. Seluruh proses, mulai dari pra-pemrosesan data, pembuatan model, peramalan, hingga evaluasi akurasi dilakukan dengan *Python*. *Library* seperti *pandas*, *numpy*, *statsmodels*, dan *sklearn.metrics* dimanfaatkan untuk memudahkan pengolahan data dan perhitungan model.