

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara agraris yang sektor pertaniannya berperan penting dalam perekonomian nasional dan kehidupan sosial masyarakat. Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan komoditas hortikultura yang dibudidayakan di Indonesia dan memiliki peran strategis dalam konsumsi masyarakat serta kontribusi terhadap nilai ekonomi sektor pertanian (Sahara et al., 2019). Komoditas ini juga menjadi salah satu bahan pangan utama yang banyak digunakan dalam berbagai masakan sehingga permintaannya relatif tinggi di pasar domestik.

Tingginya permintaan membuat konsumsi bawang merah relatif stabil meskipun terjadi kenaikan harga karena dianggap sebagai kebutuhan pokok. Kondisi ini menyebabkan harga bawang merah rentan mengalami ketidakstabilan ketika terjadi gangguan pasokan atau perubahan permintaan pasar (Sahara et al., 2019). Penelitian di Kabupaten Kediri juga menunjukkan adanya variasi harga yang signifikan akibat faktor musiman, pasokan, dan kondisi cuaca (Sari dan Agustina, 2025), sehingga peramalan harga menjadi penting untuk mendukung pengambilan keputusan dan menjaga stabilitas pasar.

Provinsi Sulawesi Utara dipilih sebagai lokasi penelitian karena budidaya bawang merahnya berkembang konsisten dan mencerminkan dinamika produksi di luar sentra utama nasional. Data 2024 menunjukkan luas panen meningkat dari 547,05 hektar (2023) menjadi 663,00 hektar (2024), dengan pertumbuhan terbesar di Kabupaten Minahasa dan Minahasa Tenggara (BPS Sulawesi Utara, 2024).

Salah satu pendekatan *deep learning* yang banyak digunakan dalam peramalan data deret waktu adalah *Gated Recurrent Unit* (GRU). GRU merupakan varian dari *Recurrent Neural Network* (RNN) yang dilengkapi dengan mekanisme gerbang (*gating mechanism*) untuk mengatur aliran informasi dalam data berurutan secara lebih efisien. Mekanisme ini memungkinkan model untuk mempertahankan informasi penting dan mengurangi permasalahan *vanishing gradient* yang umum terjadi pada RNN tradisional, sehingga GRU lebih efektif dalam memodelkan ketergantungan jangka panjang pada data deret waktu (Cho *et al.*, 2014). Model GRU dan variannya mampu menangkap pola dependensi temporal pada data deret waktu sehingga banyak digunakan dalam pemodelan dan peramalan data *time series* (Fadhilah *et al.*, 2025). *Vanishing gradient* merupakan permasalahan numerik yang muncul dalam algoritma *backpropagation*, di mana nilai gradien yang digunakan untuk memperbarui parameter model menjadi sangat kecil ketika dihitung pada lapisan awal jaringan. Kondisi tersebut menyebabkan bobot pada lapisan awal hampir tidak mengalami pembaruan, sehingga proses pembelajaran menjadi lambat atau bahkan terhenti (Chen, 2022).

Penelitian dan tinjauan sistematis menunjukkan bahwa model berbasis GRU, termasuk dalam peramalan *time series* sering memberikan hasil prediksi yang lebih akurat dan stabil dibandingkan model klasik seperti ARIMA dan RNN tanpa gerbang, terutama pada data yang memiliki pola nonlinear dan ketergantungan waktu jangka panjang (Bhatia dan Bhatt, 2024). Arsitektur GRU terdiri dari dua komponen utama, yaitu *reset gate* dan *update gate*.

*Reset gate* berfungsi untuk menentukan sejauh mana informasi masa lalu perlu diabaikan ketika memproses input baru sehingga model dapat lebih responsif terhadap

perubahan pola yang bersifat mendadak (Cho *et al.*, 2014). *Update gate* berperan dalam mengontrol proporsi informasi lama yang dipertahankan dan informasi baru yang diperbarui ke dalam memori jaringan sehingga GRU mampu menjaga keseimbangan antara tren jangka panjang dan fluktuasi jangka pendek (Chung *et al.*, 2014). Keberadaan kedua gerbang ini memungkinkan GRU memodelkan hubungan temporal yang kompleks dengan struktur yang lebih ringkas namun tetap menghasilkan performa prediksi yang baik (Dey dan Salem, 2017).

Performa model GRU sangat bergantung pada pemilihan *hyperparameter* seperti *hidden units*, *learning rate*, *batch size*, *epochs*, dan *time window* (Kaur dan Bhatt, 2024). Pemilihan *hyperparameter* yang tidak optimal dapat menyebabkan model mengalami *underfitting* atau *overfitting*, sehingga akurasi prediksi menjadi kurang maksimal. Algoritma optimisasi seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO) dapat diterapkan untuk menentukan kombinasi *hyperparameter* yang optimal sebagai upaya mengatasi permasalahan tersebut (Briki *et al.*, 2025).

*Particle Swarm Optimization* (PSO) terinspirasi dari perilaku sosial kawanan burung dalam mencari makanan, di mana setiap partikel merepresentasikan kandidat solusi yang bergerak dalam ruang pencarian berdasarkan pengalaman individu dan kolektif. Dalam konteks optimisasi model *Gated Recurrent Unit* (GRU) untuk peramalan harga bawang merah, penerapan PSO memungkinkan penentuan kombinasi *hyperparameter* yang optimal secara lebih adaptif sehingga dapat meningkatkan kinerja prediksi pada data deret waktu dengan jumlah observasi yang panjang (Kennedy dan Eberhart, 1995).

*Particle Swarm Optimization* (PSO) dikembangkan menjadi *Adaptive Particle Swarm Optimization* (APSO), yaitu varian optimisasi metaheuristik yang memiliki mekanisme

adaptif dalam menyesuaikan parameter pergerakan partikel selama proses pencarian solusi. Dengan mekanisme adaptif yaitu APSO yang mengatur parameter seperti *inertia weight* dan koefisien percepatan secara otomatis berdasarkan kondisi populasi, sehingga keseimbangan antara eksplorasi dan eksploitasi meningkat, konvergensi menjadi lebih cepat, akurasi solusi lebih tinggi, serta risiko *premature convergence* berkurang.

Penelitian ini membahas untuk menerapkan model *Gated Recurrent Unit* (GRU) yang dioptimasi menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Adaptive Particle Swarm Optimization* (APSO) dalam memprediksi harga bawang merah. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan peramalan harga yang lebih akurat dan stabil, serta memberikan kontribusi dalam mendukung pengambilan kebijakan, pengendalian harga, dan perencanaan distribusi bawang merah, khususnya di wilayah Sulawesi Utara.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, didapatkan identifikasi rumusan masalahnya, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil akurasi model GRU teroptimasi PSO dan APSO berdasarkan nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dalam memprediksi harga bawang merah?
2. Bagaimana hasil peramalan harga bawang merah per kg di Sulawesi Utara menggunakan model GRU yang dioptimasi dengan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Adaptive Particle Swarm Optimization* (APSO)?

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini dibatasi pada beberapa aspek berikut agar pembahasan lebih terarah dan fokus:

1. Penelitian ini berfokus pada prediksi harga bawang merah di Provinsi Sulawesi Utara dengan variabel utama berupa harga bawang merah per kilogram. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data harga bawang merah harian di wilayah Sulawesi Utara selama periode Januari 2020 hingga Agustus 2025. Dataset diperoleh melalui Pusat Informasi Harga Pangan Strategis (PIHPS) Nasional yang dikelola oleh Bank Indonesia.
2. Rentang *hyperparameter* yang digunakan untuk optimasi GRU menggunakan PSO dan APSO meliputi jumlah *neuron (units)* pada *layer* GRU, *learning rate* pada *optimizer* Adam, ukuran *batch (batch size)*, *dropout rate*, dan jumlah *epoch* (iterasi pelatihan). Nilai *hyperparameter* ditetapkan *default* sebagai berikut: *units* = 64; *dropout* = 0,2; *batch\_size* = 16; *learning\_rate* = 0,001; dan *epochs* = 50. Pada tahap optimasi menggunakan PSO dan APSO, rentang pencarian *hyperparameter* ditetapkan agar tetap realistis dan efisien, yaitu *units* antara 8 hingga 128; *learning\_rate* antara 0,00001 hingga 0,01; *batch\_size* antara 8 hingga 128; dan *dropout rate* antara 0,0 hingga 0,3.
3. Proses optimasi PSO dan APSO menggunakan jumlah partikel sebanyak 40 dan jumlah iterasi sebanyak 10. Nilai bobot inersia ( $w$ ) ditetapkan sebesar 0,6 serta konstanta pembelajaran individu ( $c_1$ ) dan konstanta pembelajaran sosial ( $c_2$ ) masing-masing sebesar 1.
4. Dalam mekanisme adaptasi APSO, bobot inersia disesuaikan secara dinamis dengan batas maksimum  $w_{max}$  sebesar 0,9 dan batas minimum  $w_{min}$  sebesar 0,4. Selain itu, nilai  $c_1$  dan  $c_2$  juga diatur secara adaptif, dengan nilai maksimum sebesar 2,5 dan nilai minimum sebesar 1,5.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengevaluasi tingkat akurasi model prediksi berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai indikator utama performa peramalan.
2. Menganalisis hasil peramalan harga bawang merah per kilogram menggunakan metode *Gated Recurrent Unit* (GRU) yang dioptimasi menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Adaptive Particle Swarm Optimization* (APSO) berdasarkan data harga bawang merah per kilogram di wilayah Sulawesi Utara.