

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Harga komoditas nikel saat ini mengalami fluktuasi yang cukup tinggi, didorong oleh dua faktor utama, yaitu lonjakan permintaan global dari sektor kendaraan listrik (*Electric Vehicle/EV*) dan ketidakpastian pasokan. Pergerakan harga nikel menjadi sensitif terhadap transisi energi global dikarenakan oleh kegunaan nikel sebagai bahan baku utama baterai EV. Fluktuasi ini terjadi karena adanya perubahan peran nikel yang sebelumnya dominan untuk industri baja tahan karat (*stainless steel*) menjadi komponen utama dalam produksi baterai. Perubahan peran nikel tersebut diperkirakan akan terus berlanjut, hal ini terlihat dari proyeksi sektor EV yang akan mendominasi sekitar 60% dari total permintaan nikel global pada tahun 2040 (ERIA, 2025).

Indonesia memegang peran penting dalam industri ini dengan menyumbang sekitar 59%, yaitu sebesar 2,2 juta ton dari total produksi global (USGS, 2025). Laporan dari *Economic Research Institute for ASEAN and East Asia* (ERIA) (2025) mencatat bahwa meskipun program hilirisasi berhasil meningkatkan produksi secara masif, tetapi hal tersebut memicu risiko kelebihan pasokan (*oversupply*) yang berdampak pada penurunan harga global. Fluktuasi harga ini terekam jelas pada pasar *London Metal Exchange* (LME), pada Januari 2021 harga nikel berada di kisaran 17.000 USD/ton, tetapi dalam perjalanannya, pasar sempat mengalami guncangan pada bulan Maret 2022 akibat konflik geopolitik yang memicu lonjakan harga hingga menyentuh level anomali di atas 40.000 USD/ton. Tren tersebut

kemudian terus mengalami koreksi hingga menyentuh angka 14.000 USD/ton pada Desember 2025.

Kondisi pasar yang sulit diprediksi tersebut mendorong perlunya pengembangan sistem peramalan sebagai langkah dalam memitigasi risiko kerugian ekonomi dan menjaga kelancaran arus kas di industri pertambangan. Kesalahan dalam peramalan harga nikel bisa berdampak luas, mulai dari menurunnya keuntungan perusahaan hingga terganggunya kesejahteraan ekonomi negara pengeskspor. Ketidakakuratan dalam peramalan harga dapat menyebabkan kesalahan dalam mengambil langkah pengamanan harga (*hedging*) serta perencanaan produksi, terutama di tengah kondisi pasar yang mengalami fluktuasi tertinggi dalam setengah abad terakhir (World Bank, 2025). Perkiraan penurunan harga nikel global sebesar 6% pada tahun 2025 menjadi tantangan besar bagi pemerintah Indonesia dalam menyusun target pendapatan negara. Fluktuasi harga global ini berdampak langsung pada stabilitas keuangan sektor non-migas.

Keterikatan harga LME terhadap perekonomian nasional bersifat formal dan mengikat. Hal ini dikarenakan penentuan Harga Mineral Logam Acuan (HMA) nikel domestik yang digunakan untuk perhitungan royalti dan pajak secara resmi didasarkan pada harga LME. Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 365.K/MB.01/MEM.B/2025, HMA nikel dihitung dari rata rata harga *cash-settlement* yang dipublikasikan LME dalam periode tertentu. Bukti formal ini menegaskan bahwa setiap fluktuasi di LME secara langsung memengaruhi penerimaan negara dan nilai ekspor sektor nikel Indonesia, sehingga kemampuan untuk memprediksi harga nikel di LME secara

akurat menjadi kebutuhan nasional yang sangat penting, bukan lagi sekadar kepentingan pasar global.

Karakteristik data harga nikel menjadi tantangan besar dalam mencapai akurasi peramalan yang optimal bagi ekonomi nasional. Harga komoditas merupakan data runtun waktu (*time series*) yang kompleks yang sulit diidentifikasi polanya (Livieris *et al.*, 2020). Hal ini juga berlaku pada harga nikel, di mana data historisnya menunjukkan sifat non-stasioner dan fluktuasi tinggi yang dipengaruhi oleh sentimen pasar. Pola data yang tidak stabil dan bersifat non-linear ini menyebabkan metode statistik konvensional sering kali gagal menangkap tren secara akurat. Ketidakmampuan dalam memodelkan kompleksitas data dapat mengakibatkan kesalahan estimasi yang berisiko bagi para pelaku industri.

Penelitian ini menggunakan model *deep learning Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk menangkap sifat non-linear dan ketergantungan jangka panjang (*long-term dependencies*) pada data harga nikel. Model LSTM dipilih karena struktur internalnya yang memiliki tiga mekanisme *gate* yang memungkinkan model untuk menyaring, menyimpan, serta membuang informasi. Mekanisme ini dibutuhkan dalam peramalan data runtun waktu yang fluktuatif seperti nikel. Penelitian yang dilakukan oleh Ozdemir *et al.*, (2022) memperkuat argumen ini dengan menunjukkan bahwa model *Recurrent Neural Network* (RNN) tingkat lanjut, termasuk LSTM, menunjukkan performa lebih baik dan efektif dalam memprediksi harga nikel dibandingkan metode statistik tradisional. Kemampuan LSTM dalam mempertahankan informasi jangka panjang menjadikannya fondasi metodologi yang kuat untuk menangkap pergerakan harga nikel yang kompleks.

Hasil prediksi LSTM sangat bergantung pada kombinasi *hyperparameter* yang digunakan meskipun model ini memiliki berbagai keunggulan. Penentuan *hyperparameter* secara konvensional melalui metode *trial and error* tidak hanya memerlukan sumber daya komputasi besar dan waktu yang lama, tetapi juga sering kali gagal menemukan global optimum pada ruang pencarian yang kompleks dan berdimensi tinggi (Hutter dan Kotthoff, 2019). Penelitian ini menggunakan *Bayesian Optimization* (BO) untuk mengelola ruang pencarian *hyperparameter* secara otomatis dan efisien. Penggunaan model LSTM berbasis *Bayesian Optimization* terbukti mampu meningkatkan akurasi, stabilitas, dan kemampuan adaptasi model terhadap data baru (Nan dan Xing, 2024). Penggunaan *Bayesian Optimization* membuat model lebih stabil dalam menghadapi data yang tidak menentu, sehingga kualitas peramalan LSTM tetap terjaga saat dihadapkan pada harga nikel yang fluktuatif.

Keefektifan kombinasi LSTM dan *Bayesian Optimization* dalam peramalan harga komoditas telah dibuktikan dalam beberapa penelitian sebelumnya. Liu *et al.* (2022) berhasil menerapkan model LSTM yang dioptimasi dengan BO untuk meramalkan harga tembaga, dimana *Bayesian Optimization* terbukti efektif dalam mencari *hyperparameter* optimal untuk menangani fluktuasi harga. Keberhasilan serupa ditunjukkan oleh Kachwaha dan Lahmiri (2025) yang menggunakan *Bayesian Optimization* untuk meningkatkan performa *deep learning* dalam memprediksi harga minyak mentah, serta menegaskan bahwa BO secara signifikan mengungguli metode pencarian *hyperparameter* konvensional. Berdasarkan pada landasan ilmiah tersebut, penelitian ini mengimplementasikan kombinasi LSTM

dan *Bayesian Optimization* untuk menghasilkan model peramalan harga nikel yang akurat dan adaptif terhadap fluktuasi pasar.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tahapan pemodelan LSTM berbasis *Bayesian Optimization* (BO) untuk memprediksi harga nikel di *London Metal Exchange* (LME)?
2. Bagaimana performa model LSTM berbasis *Bayesian Optimization* dalam memprediksi harga nikel?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian dan memastikan tercapainya tujuan yang tertuang dalam rumusan masalah, penelitian ini menetapkan batasan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah harga *cash-settlement* harian komoditas nikel yang diperdagangkan di *London Metal Exchange* (LME) mulai dari 1 Januari 2021 hingga 31 Desember 2025 dalam satuan USD per ton (USD/ton).
2. Model yang digunakan adalah *Long Short-Term Memory* (LSTM).
3. Optimasi model dibatasi pada penggunaan metode *Bayesian Optimization* untuk menentukan kombinasi *hyperparameter* terbaik, yang mencakup jumlah *hidden unit*, *learning rate*, dan *dropout rate*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis tahapan pemodelan LSTM berbasis *Bayesian Optimization* untuk memprediksi harga nikel di *London Metal Exchange* (LME).
2. Mengevaluasi kinerja dan tingkat akurasi model LSTM berbasis *Bayesian Optimization* dalam menangkap fluktuasi harga nikel, dengan mengukur nilai kesalahan peramalan menggunakan metrik *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).