

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertanian merupakan salah satu sektor yang memiliki peranan penting dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat serta mendukung perekonomian, dan stabilitas sosial secara keseluruhan. Bagi negara agraris, sektor ini tidak hanya tentang penyediaan pangan, tetapi juga tentang menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat terutama di wilayah pedesaan. Sektor ini sangat bergantung pada input seperti pupuk dimana penggunaannya harus efektif agar meningkatkan kinerja secara menyeluruh. Penggunaan pupuk yang efektif adalah salah satu usaha yang penting untuk meningkatkan produktivitas pada sektor ini. Pupuk membantu menjaga kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal, yang berdampak pada ketersediaan pangan dan stabilitas harga pasar.

Namun, penggunaan pupuk yang tidak sesuai takaran dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan. Pemakaian berlebihan tidak hanya berdampak pada kerusakan tanaman, seperti daun menguning dan layu karena *fertilizer burn*, tetapi juga mencemari lingkungan melalui pencucian zat hara ke perairan, yang dapat menyebabkan eutrofikasi serta menurunkan kualitas air dan ekosistem akuatik [1]. Di sisi lain, pemakaian pupuk yang kurang menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, daun menguning, dan hasil panen menurun secara drastis [2] serta menurunkan kualitas buah dan biji [3]. Ketidaktepatan ini juga membebani petani dengan biaya produksi lebih tinggi tanpa hasil sepadan, yang akhirnya menurunkan pendapatan dan mengancam keberlanjutan usaha tani, terutama jika harga pupuk naik atau tanah memerlukan perbaikan.

Teknologi kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin (machine learning) dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan tanah, termasuk manajemen kebutuhan pupuk. Dalam penelitian ini, digunakan metode Particle Swarm Optimization (PSO) dan Long Short-Term Memory (LSTM) dalam merancang model *forecasting* kebutuhan pupuk. PSO, yang meniru perilaku sosial partikel

untuk menemukan solusi optimal, dapat mengoptimalkan parameter LSTM sehingga meningkatkan akurasi *forecasting* kebutuhan pupuk.

Sementara itu, model LSTM dapat memodelkan data deret waktu dinamis dengan lebih baik dan memiliki keunggulan untuk *forecasting* [4]. Kombinasi PSO dan LSTM memungkinkan sistem memberikan rekomendasi jumlah pupuk yang optimal, membantu petani mengelola penggunaan pupuk secara efisien. Meski demikian, penerapan teknologi ini memerlukan ketersediaan data yang memadai dan dukungan bagi petani untuk adaptasi teknologi.

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, peneliti melakukan penelitian dengan judul “Forecasting Level Pupuk Menggunakan Metode PSO dan LSTM Untuk Efisiensi Penggunaan Pupuk”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk merancang model *forecasting* yang akurat dalam memperkirakan kebutuhan pupuk, sehingga dapat membantu petani dalam mengatur takaran pupuk secara tepat dan sesuai kebutuhan tanaman. Peneliti mengharapkan hasil dari penelitian ini tidak hanya meningkatkan produktivitas hasil pertanian, tetapi juga dapat mendukung kelestarian lingkungan dengan meminimalkan dampak negatif penggunaan pupuk yang berlebihan atau kurang tepat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan apa yang telah disebutkan pada latar belakang, maka dapat diambil kesimpulan untuk perumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan model *forecasting* yang akurat untuk kebutuhan pupuk pada lahan pertanian menggunakan metode PSO dan LSTM?
2. Bagaimana metode PSO-LSTM dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk?
3. Bagaimana besar tingkat akurasi *forecasting* kebutuhan pupuk dengan menggunakan model PSO-LSTM?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Adapun Tujuan dari penelitian ini yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Mengembangkan model *forecasting* kebutuhan pupuk berbasis PSO-LSTM yang mengoptimalkan dosis pemupukan pada tanaman pertanian.
2. Menganalisis performa model PSO-LSTM dalam meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.
3. Membandingkan akurasi *forecasting* kebutuhan pupuk menggunakan PSO LSTM dengan metode lainnya.

1.4. Batasan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan pembatasan agar penelitian yang dilakukan berfokus pada tujuan utamanya, berikut adalah batasan yang ditetapkan pada penelitian ini:

1. Penelitian ini menggunakan dataset dari *website Kaggle* yang bersifat publik. Ada kemungkinan *dataset* ini tidak mencakup seluruh variasi kondisi tanah, iklim, atau jenis tanaman secara representatif. Oleh karena itu, hasil *forecasting* sangat bergantung pada kualitas, kelengkapan, dan kesesuaian data yang digunakan.
2. Model LSTM membutuhkan banyak optimasi agar bisa bekerja dengan baik, seperti jumlah unit dan kecepatan belajar.
3. Jenis tanaman yang dianalisis dalam dataset juga memengaruhi hasil *forecasting* kebutuhan pupuk. Model ini belum diuji untuk berbagai variasi tanaman secara luas, sehingga penerapannya masih terbatas pada jenis tanaman tertentu yang ada di dalam data pelatihan.
4. Sistem ini menggunakan prediksi virtual untuk nutrisi tanah (nitrogen, fosfor, dan kalium) dengan metode tertentu. Namun, akurasi prediksi ini bisa bervariasi tergantung model yang dipakai, seperti random forest atau k-nearest neighbor.
5. Pengujian model hanya mencakup beberapa metode, seperti PSO dan grid search, untuk mengatur model LSTM. Untuk metode lain mungkin ada yang lebih efektif, tetapi tidak diuji dalam penelitian ini.

6. Waktu pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman hanya dilakukan selama 4 minggu dikarenakan adanya keterbatasan waktu pelaksanaan penelitian, oleh karena itu, pengamatan jangka panjang terhadap efek pemupukan belum dapat dilakukan.

1.5. Metode Penelitian

Metode Penelitian dalam penelitian ini mencakup beberapa langkah utama yang akan dilakukan secara bertahap sebagai berikut:

1. Kajian Pustaka
Melakukan studi literatur untuk memahami konsep PSO dan LSTM serta penerapannya dalam forecasting kebutuhan pupuk.
2. Pengumpulan Data dan Pra-Pemrosesan Data
Dataset diambil dari kaggle dan dilakukan pembersihan, normalisasi, serta penyesuaian agar data siap digunakan dalam model.
3. Rancangan Sistem dan Model Forecasting
Membangun *virtual sensor* menggunakan *Random Forest* untuk memprediksi nilai NPK, kemudian mengembangkan model PSO-LSTM untuk *forecasting* kebutuhan pupuk.
4. Evaluasi Model
Setelah pengembangan model, akurasi diuji menggunakan RMSE, MAE, dan R-Squared serta membandingkannya dengan metode *Grid Search*.
5. Implementasi Lapangan dan Pengamatan Tanaman
Menerapkan model ke alat fisik dan melakukan pengamatan selama 4 Minggu untuk menilai fungsionalitas dan efektivitas alat di lapangan.
6. Dokumentasi dan Penyusunan Laporan
Menyusun seluruh proses dan hasil penelitian dalam bentuk laporan tugas akhir.

1.6. Jadwal Pelaksanaan

Tabel 1.1 Jadwal Kegiatan

| No. | Deskripsi Tahapan | Bulan 1 | Bulan 2 | Bulan 3 | Bulan 4 | Bulan 5 | Bulan 6 |
|-----|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | Kajian Pustaka | | | | | | |
| 2 | Pengumpulan Data | | | | | | |
| 3 | Pra-Pemrosesan Data | | | | | | |
| 4 | Rancangan Sistem | | | | | | |
| 5 | Implementasi Model | | | | | | |
| 6 | Pengamatan Model | | | | | | |
| 7 | Penyusunan Laporan/Buku TA | | | | | | |