

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) merupakan kebijakan strategis dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia yang memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengembangkan kompetensi melalui pembelajaran di luar program studi. Salah satu bentuk kegiatan dalam program ini adalah Project Independent, yaitu proyek berbasis pemecahan masalah nyata yang dilaksanakan oleh mahasiswa secara mandiri atau berkelompok, dengan bimbingan dari dosen dan/atau mitra. Mengacu pada Buku Panduan MBKM Tahun 2024, Project Independent dapat diwujudkan dalam bentuk pengembangan produk, penelitian terapan, studi kasus, atau partisipasi dalam kompetisi ilmiah yang relevan dengan bidang keilmuan dan minat mahasiswa [1].

Dalam pelaksanaannya, kegiatan Project Independent dapat diformulasikan melalui keikutsertaan dalam kompetisi akademik sebagai wadah aktualisasi diri dan penerapan keilmuan. Beberapa jenis kompetisi yang relevan antara lain lomba karya tulis ilmiah, pengembangan inovasi digital, desain produk teknologi, dan penulisan artikel ilmiah. Pemilihan bentuk kegiatan dilakukan dengan mempertimbangkan relevansi topik, ketersediaan waktu pelaksanaan, serta kesesuaiannya dengan kompetensi dan bidang studi yang ditekuni. Dalam konteks ini, program Pekan Kreativitas Mahasiswa bidang Artikel Ilmiah (PKM-AI) dipilih sebagai sarana pelaksanaan proyek, seiring dengan waktu pelaksanaan yang selaras dengan kalender akademik.

PKM-AI memberikan keleluasaan bagi peserta untuk mengembangkan artikel ilmiah berbasis kajian akademik dan kegiatan riset yang telah dilakukan. Berdasarkan panduan resmi, topik yang dapat diangkat mencakup isu-isu strategis nasional seperti kemandirian pangan, energi, dan air; kesehatan masyarakat; pengentasan kemiskinan; pelestarian lingkungan; mitigasi bencana; transformasi

digital; serta peningkatan ekonomi kreatif. Dari tema-tema tersebut, isu kemandirian pangan dipilih sebagai fokus utama, dengan perhatian khusus pada pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan dalam mendukung produktivitas sektor pertanian[2].

Ketahanan pangan global dewasa ini berada dalam kondisi yang rentan akibat perpaduan berbagai faktor, termasuk pertumbuhan populasi yang pesat, perubahan iklim ekstrem, konflik geopolitik, serta terganggunya rantai pasok pasca pandemi. Permintaan pangan global diproyeksikan meningkat hingga 50% pada tahun 2050, sementara ketimpangan akses pangan masih terjadi di banyak negara yang mengalami kelaparan akut setiap tahunnya [3]. Dalam konteks ini, penyakit tanaman menjadi salah satu faktor utama yang menghambat produktivitas pertanian. Kerusakan yang ditimbulkan oleh patogen tanaman menyebabkan kerugian hasil panen hingga 17–30%, dengan kentang menjadi salah satu komoditas yang terdampak secara signifikan [4]. Di Indonesia, isu ini telah menjadi perhatian strategis dan diakomodasi dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025–2029, melalui prioritas kebijakan seperti pengurangan susut dan sisa pangan, pengendalian inflasi pangan strategis, serta penguatan ekosistem pangan berkelanjutan [5]. Oleh karena itu, diperlukan sistem deteksi penyakit tanaman yang tangguh dan adaptif guna menjaga kesinambungan produksi dan distribusi pangan.

Dalam menjawab tantangan tersebut, berbagai negara telah mulai mengadopsi teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi sistem pertanian, salah satunya melalui penerapan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI). Perkembangan AI di sektor pertanian telah menunjukkan kontribusi nyata, khususnya dalam upaya deteksi dan pengendalian penyakit tanaman secara otomatis. Teknologi ini memungkinkan pengolahan citra daun secara real-time dengan dukungan perangkat seperti kamera, sensor, drone, dan aplikasi berbasis seluler, sehingga gejala penyakit dapat diidentifikasi lebih awal tanpa keterlibatan manusia secara langsung [6]. Hal ini berbeda dengan metode konvensional yang mengandalkan pengamatan visual dari petani, yang bersifat subjektif dan berisiko menimbulkan kesalahan

klasifikasi. Sementara metode manual membutuhkan waktu dan keahlian lapangan yang cukup, pendekatan AI mampu memberikan hasil diagnosis yang cepat dan berbasis data melalui algoritma pengenalan pola [7]. Keunggulan utama penerapan AI dalam pertanian presisi mencakup peningkatan efisiensi tenaga kerja, peningkatan akurasi diagnosis, dan kemudahan pemantauan secara berkelanjutan. Selain itu, AI juga dapat digunakan untuk memberikan rekomendasi tindakan korektif yang tepat, sehingga mampu meminimalkan penggunaan pestisida berlebih dan mendukung pertanian berkelanjutan.

Salah satu komoditas yang sangat tepat untuk penerapan teknologi deteksi penyakit tanaman adalah kentang (*Solanum tuberosum*). Kentang merupakan komoditas hortikultura strategis di Indonesia, yang memiliki kontribusi signifikan terhadap ketahanan pangan dan ekonomi nasional. Tidak hanya sebagai sumber karbohidrat alternatif, kentang juga memiliki potensi tinggi sebagai komoditas ekspor dalam bentuk segar maupun olahan. Berdasarkan data Kementerian Pertanian, produksi kentang nasional pada tahun 2021 mencapai 1,36 juta ton, dengan daerah sentra produksi utama berada di Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat [8].



Gambar 1. 1 Penyakit Busuk Daun Phytophthora Infestans [9]

Meskipun demikian, budidaya kentang di Indonesia menghadapi tantangan serius akibat serangan penyakit tanaman, khususnya pada bagian daun. Salah satu penyakit yang paling merusak adalah busuk daun (*Phytophthora infestans*), yang ditandai dengan munculnya bercak basah berwarna coklat pada permukaan daun, yang kemudian dapat menyebar dengan cepat ke seluruh tanaman. Gejala khas penyakit ini dapat diamati pada Gambar 1.1. Jika tidak ditangani secara cepat, penyakit ini dapat menyebabkan kegagalan panen secara menyeluruh dalam waktu singkat [9], [10]. Deteksi secara manual di lapangan menjadi kurang efektif, terutama dalam kondisi lingkungan terbuka yang tidak terkontrol. Oleh karena itu, pendekatan berbasis citra digital menjadi salah satu solusi potensial untuk mendeteksi penyakit secara otomatis dan akurat, yang sangat relevan dalam konteks pengembangan pertanian presisi.

Untuk menunjang sistem deteksi otomatis tersebut, teknologi deep learning telah menjadi salah satu metode utama yang banyak diterapkan dalam pengenalan pola citra daun. Salah satu pendekatan paling populer adalah Convolutional Neural

Network (CNN), yang memiliki kemampuan untuk mengekstraksi fitur visual seperti warna, tekstur, dan bentuk dari citra secara langsung tanpa proses ekstraksi manual. CNN telah terbukti efektif dalam mengklasifikasikan penyakit tanaman, termasuk pada daun kentang. Studi yang dilakukan oleh Rozaqi et al. (2021) menunjukkan bahwa model CNN mampu mengklasifikasikan daun kentang menjadi tiga kategori: daun sehat, early blight, dan late blight, dengan akurasi validasi mencapai 94% setelah melalui pelatihan selama 10 epoch [11]. Pendekatan serupa juga telah diterapkan pada tanaman padi untuk mendeteksi penyakit seperti Brown Spot dan Leaf Blast, dengan tingkat akurasi mencapai 85% menggunakan arsitektur ResNet50 dan kerangka kerja deep learning seperti TensorFlow dan PyTorch [12]. Meskipun CNN menawarkan efisiensi dan akurasi tinggi, model ini memiliki keterbatasan dalam menangkap relasi spasial global pada gambar, yang sering kali berdampak pada penurunan performa ketika berhadapan dengan citra yang memiliki latar belakang bervariasi atau pencahayaan yang tidak konsisten.

Dalam upaya mengatasi keterbatasan tersebut, dikembangkan arsitektur Vision Transformer (ViT) muncul sebagai alternatif yang menjanjikan dalam bidang visi komputer. ViT merupakan adaptasi dari arsitektur Transformer yang sebelumnya dikembangkan untuk pemrosesan bahasa alami. Tidak seperti CNN yang fokus pada ekstraksi fitur lokal melalui konvolusi, ViT memproses citra sebagai sekumpulan patch (potongan gambar) dan memperlakukannya sebagai token masukan yang dianalisis melalui mekanisme self-attention. Pendekatan ini memungkinkan ViT untuk menangkap konteks spasial global dalam citra secara lebih efektif [13]. Dalam studi yang dilakukan oleh Lumban Gaol (2024), ViT berhasil diterapkan untuk klasifikasi penyakit daun jagung, dengan tiga kelas penyakit yang dikaji, yaitu hawar daun, karat daun, dan daun sehat. Model ViT yang diujicobakan dengan lima fungsi aktivasi menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 94,33% menggunakan fungsi aktivasi PReLU, yang mengindikasikan potensi tinggi ViT dalam klasifikasi citra penyakit tanaman [14].

Dengan kemampuannya dalam memahami hubungan spasial menyeluruh dan kompleksitas struktur visual, ViT menjadi alternatif yang layak untuk diterapkan

dalam sistem deteksi penyakit berbasis citra, khususnya pada kondisi lingkungan pertanian yang tidak terkontrol. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada penerapan arsitektur Vision Transformer (ViT) untuk klasifikasi citra daun kentang guna mengevaluasi kinerja dan efektivitasnya secara faktual melalui proses pengujian empiris berbasis dataset nyata.

Pengembangan topik ini dilakukan sebagai bagian dari pelaksanaan kegiatan Project Independent dalam program MBKM, melalui partisipasi pada kompetisi PKM-AI. Dengan mengangkat isu kemandirian pangan dan pemanfaatan kecerdasan buatan untuk pertanian presisi, proyek ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi terhadap penyelesaian masalah aktual di bidang pertanian, tetapi juga mendorong integrasi keilmuan dan keterampilan mahasiswa dalam bentuk solusi inovatif yang aplikatif dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam pelaksanaan kegiatan Project Independent melalui kompetisi PKM-AI, permasalahan yang diidentifikasi meliputi:

1. Bagaimana merancang dan melaksanakan kegiatan Project Independent yang sesuai dengan prinsip MBKM melalui partisipasi dalam ajang kompetisi ilmiah nasional?
2. Bagaimana tahapan yang efektif dalam mengembangkan dan menyusun karya ilmiah berdasarkan proyek berbasis teknologi kecerdasan buatan untuk deteksi penyakit daun kentang?
3. Bagaimana memastikan ketercapaian luaran kegiatan berupa artikel ilmiah yang memenuhi kriteria PKM-AI, serta memberikan kontribusi nyata terhadap isu strategis nasional dalam bidang kemandirian pangan?

1.3 Maksud dan Tujuan

Kegiatan ini bertujuan untuk melaksanakan program Project Independent sebagai bagian dari kebijakan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) dengan bentuk pelaksanaan berupa partisipasi dalam ajang Pekan Kreativitas Mahasiswa bidang Artikel Ilmiah (PKM-AI). Secara khusus, kegiatan ini diarahkan untuk

melatih mahasiswa dalam merancang, mengembangkan, dan mendokumentasikan proyek berbasis pemecahan masalah nyata melalui pendekatan teknologi Artificial Intelligence, yang difokuskan pada klasifikasi penyakit daun kentang. Proyek ini dilaksanakan melalui tahapan sistematis mulai dari studi literatur, desain metode, pengolahan data, hingga penulisan artikel ilmiah sesuai ketentuan PKM-AI. Tujuan akhirnya adalah menghasilkan karya ilmiah yang tidak hanya memenuhi aspek akademik, tetapi juga berdampak pada penguatan kompetensi mahasiswa dalam penelitian, kolaborasi, dan komunikasi ilmiah.

1.4 Manfaat

Pelaksanaan kegiatan Project Independent melalui kompetisi PKM-AI diharapkan dapat memberikan manfaat dari tiga dimensi utama sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis:

- Meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam menyusun karya ilmiah berbasis hasil proyek secara sistematis dan sesuai dengan kaidah akademik.
- Memberikan pengalaman langsung dalam mengikuti kegiatan kompetitif yang diakui secara nasional sebagai bagian dari pengembangan rekognisi akademik.
- Mengembangkan kapasitas mahasiswa dalam melakukan riset mandiri, berpikir analitis, dan menyampaikan gagasan secara argumentatif dalam bentuk tulisan ilmiah.

2. Manfaat Praktis:

- Memberikan pengalaman pelaksanaan proyek secara mandiri dari tahap perencanaan hingga publikasi, sesuai prinsip Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM).
- Meningkatkan kemampuan manajerial mahasiswa dalam mengelola waktu, tanggung jawab, dan alur pelaksanaan kegiatan secara berkelanjutan.

- Mendorong pemahaman terhadap dinamika penyelenggaraan kompetisi ilmiah serta prosedur administratif dalam kegiatan akademik nasional.

3. Manfaat Teknis:

- Meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap metode pengolahan citra digital dan penerapan teknologi kecerdasan buatan, khususnya Vision Transformer.
- Melatih keterampilan praktis dalam mengolah dataset, melatih model deep learning, serta mengevaluasi performa sistem klasifikasi berbasis citra.
- Memberikan dasar keterampilan teknis yang dapat diaplikasikan pada bidang pertanian presisi dan pengembangan solusi berbasis teknologi untuk sektor lain yang relevan.