

BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Tahap Pelaksanaan Program

Dalam keterlibatan pada program kompetisi Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2025 pada bidang Artikel Ilmiah, tim ini terbentuk dengan struktur yang terdiri dari seorang ketua dan 2 anggota. Sabrina Fajrul Ula Usman memegang peran sebagai ketua tim, dengan dukungan dari anggota tim yaitu Almira Zahra Aurelia dan Rhauma Syira Anggina. Tim mendaftar dalam kategori mahasiswa dari Universitas Multimedia Nusantara untuk mengikuti kompetisi tersebut. Pada pelaksanaan proyek lomba, tim memperoleh bimbingan dan arahan dari Ibu Irmawati, S.Kom., M.M.S.I, selaku dosen pembimbing.

Tabel 3. 1 Pembagian Tugas Tim

No	Anggota Tim	Peran	Jobdesc
1	Sabrina Fajrul Ula Usman	Ketua	Melakukan permodelan klasifikasi penyakit pada daun tanaman kentang menggunakan algoritma Data-Efficient Image Transformer (DeiT).
2	Almira Zahra Aurelia	Anggota	Melakukan permodelan klasifikasi penyakit pada daun tanaman kentang menggunakan algoritma Vision Transformer (ViT).
3	Rhauma Syira Anggina	Anggota	Melakukan permodelan klasifikasi penyakit pada daun tanaman kentang menggunakan algoritma Swin Transformer.

Tugas dalam penyelesaian proyek ini dibagi menjadi beberapa bagian seperti yang terdapat pada table 3.1 merupakan rincian tugas yang dikerjakan oleh masing-masing anggota tim. Pada proyek ini Almira Zahra Aurelia memiliki tanggung jawab untuk melakukan permodelan klasifikasi penyakit pada daun tanaman kentang menggunakan algoritma Vision Transformer (ViT), sedangkan Sabrina Fajrul Ula Usman akan melakukan permodelan menggunakan algoritma Data-Efficient Image Transformer (DeiT) dan Rhauma Syira Anggina akan melakukan permodelan menggunakan algoritma Swin Transformer.

Untuk memastikan bahwa pelaksanaan proyek berjalan selaras dengan jadwal resmi kompetisi, tim merujuk pada agenda tahapan kegiatan PKM tahun 2025 yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi. Agenda ini mencakup waktu pelaksanaan penting seperti pengumpulan proposal, masa pelaksanaan program, hingga tahapan seleksi nasional. Rincian jadwal tersebut ditampilkan dalam Tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Agenda Pelaksanaan Program PKM 2025

No	Agenda	Tanggal
1	Launching Program PKM 2025	2 Mei 2025
2	Sosialisasi PKM kepada Mahasiswa	5 Mei 2025
3	Pendaftaran Proposal oleh Mahasiswa (unggah proposal di Simbelmawa)	2–23 Mei 2025
4	Validasi Proposal oleh Dosen dan Pimpinan Perguruan Tinggi	2 Mei – 2 Juni 2025
5	Penilaian Proposal oleh Reviewer	Juni 2025
6	Pelaksanaan Program oleh Mahasiswa (Skema Pendanaan)	7 Juli – 3 November 2025
7	Penilaian Kemajuan Pelaksanaan Program (PKP2)	19–26 Oktober 2025
8	Pengunggahan Laporan Akhir PKM	3 November 2025
9	Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS)	23–28 November 2025

Selain mengikuti agenda pelaksanaan program secara kolektif bersama tim, setiap anggota juga melaksanakan tugas individual sesuai dengan lingkup tanggung

jawab masing-masing. Penulis, sebagai pihak yang bertanggung jawab atas pengembangan model klasifikasi penyakit daun kentang menggunakan algoritma Vision Transformer (ViT), telah menyelesaikan rangkaian kegiatan teknis yang terdokumentasi secara sistematis dalam bentuk daily task. Catatan ini merekam aktivitas harian yang mencakup proses eksplorasi dataset, prapemrosesan citra, perancangan dan pelatihan model, evaluasi performa, hingga penyusunan bagian artikel ilmiah yang sesuai. Rangkaian pelaksanaan ini dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Tahapan Kegiatan MBKM (Daily Task)

Fase	Periode	Aktivitas Utama
Studi Literatur & Identifikasi Masalah	7 – 14 Februari 2025	Pencarian dan analisis paper, studi metode deteksi penyakit tanaman
Eksplorasi & Persiapan Dataset	17 – 27 Februari 2025	Unduh, validasi, augmentasi, pembagian data train/val/test
Training Model ViT (Torchvision)	3 – 21 Maret 2025	Pelatihan model ViTb16, evaluasi akurasi, f1-score, learning curve
Eksperimen dengan Model Pretrained (HuggingFace)	24 April – 23 Mei 2025	Setup struktur data, preprocessing, pelatihan, dan validasi model
Evaluasi & Analisis Hasil	2 – 10 Juni 2025	Visualisasi hasil (ROC-AUC, Confusion Matrix), perbandingan model
Dokumentasi Akhir Proyek	11 – 13 Juni 2025	Penyimpanan model final, struktur folder, dan laporan akhir proyek

Bagian berikutnya dari pelaksanaan program mencakup pemahaman mendalam mengenai karakteristik PKM-AI itu sendiri, yang menjadi wadah aktualisasi kegiatan ilmiah berbasis artikel bagi mahasiswa. Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) merupakan salah satu program pengembangan diri mahasiswa yang diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi. Program ini telah menjadi agenda rutin tahunan yang bertujuan untuk mewadahi

potensi, kreativitas, dan gagasan inovatif mahasiswa dari seluruh perguruan tinggi di Indonesia. PKM mencakup berbagai bidang, salah satunya adalah PKM-AI (Artikel Ilmiah), yang secara khusus mendorong mahasiswa untuk menulis karya ilmiah yang berbobot dan relevan dengan isu-isu keilmuan serta perkembangan masyarakat saat ini.

PKM-AI menjadi media pengembangan kemampuan berpikir ilmiah dan kritis mahasiswa melalui penulisan artikel yang bersumber dari kajian literatur, pengalaman, pengamatan, atau pemikiran logis yang dapat dipertanggungjawabkan secara akademik. Kegiatan ini tidak mewajibkan adanya penelitian lapangan, tetapi tetap mensyaratkan adanya pemahaman yang mendalam terhadap topik yang dibahas, serta ketepatan dalam menyusun argumentasi berdasarkan sumber-sumber terpercaya. Dengan demikian, mahasiswa tidak hanya dilatih untuk memahami suatu fenomena, tetapi juga mampu membangun kerangka berpikir ilmiah yang logis, sistematis, dan terstruktur.

Artikel yang disusun dalam PKM-AI mengikuti struktur ilmiah baku yang mencakup pendahuluan, kajian teori, pembahasan, simpulan, dan daftar pustaka. Mahasiswa dituntut untuk menyampaikan gagasan secara runtut dengan penggunaan bahasa akademik yang sesuai, serta mampu menyajikan data atau informasi pendukung yang relevan dan aktual. Kekuatan tulisan tidak hanya diukur dari orisinalitas topiknya, tetapi juga dari kedalaman analisis, kejelasan argumentasi, dan kemampuan penulis dalam memandang permasalahan dari berbagai sudut secara kritis dan objektif.

Kompetisi ini terbuka bagi seluruh mahasiswa aktif dari berbagai bidang studi, baik dari rumpun sains, sosial-humaniora, teknologi, seni, hingga kesehatan. Topik yang dipilih tidak dibatasi secara spesifik, sehingga mahasiswa dapat menyesuaikannya dengan latar belakang keilmuan dan minatnya masing-masing. Kebebasan ini memberikan ruang bagi mahasiswa untuk mengangkat isu-isu yang relevan, seperti permasalahan sosial, perkembangan teknologi, tantangan lingkungan, ekonomi digital, atau dinamika budaya di era modern. Keberagaman

tema tersebut menciptakan naskah-naskah dengan perspektif yang luas dan mendalam.

Dalam pelaksanaan PKM-AI, peran dosen pembimbing memegang posisi penting. Dosen tidak hanya berfungsi sebagai pengarah dalam hal substansi ilmiah, tetapi juga sebagai pendamping dalam proses berpikir, menulis, dan merefleksikan ide. Mahasiswa dibimbing agar mampu menyusun artikel yang tidak hanya memenuhi struktur dan aturan penulisan ilmiah, tetapi juga mengandung nilai kontribusi ilmiah dan manfaat praktis. Proses bimbingan ini menjadi bagian dari pembinaan akademik yang mendukung terciptanya budaya menulis ilmiah secara konsisten di lingkungan kampus.

Selain aspek penulisan, PKM-AI juga menjadi sarana pelatihan etika akademik. Setiap gagasan, data, atau kutipan yang digunakan dalam artikel wajib disusun secara jujur, transparan, dan bertanggung jawab. Mahasiswa diharapkan untuk menghindari segala bentuk plagiarisme, serta mencantumkan sumber rujukan secara lengkap dan sesuai dengan gaya sitasi yang ditetapkan. Kemampuan menjaga integritas dalam proses penulisan menjadi indikator utama keberhasilan dalam program ini dan merupakan bagian penting dari karakter ilmuwan yang profesional.

Melalui PKM-AI, mahasiswa tidak hanya dilatih untuk menyusun tulisan akademik, tetapi juga diharapkan dapat mengasah kemampuan komunikasi ilmiah, memperluas wawasan keilmuan, serta membangun cara berpikir yang reflektif dan analitis. Kompetisi ini juga menjadi wadah awal bagi mahasiswa yang tertarik berkarier di bidang riset, pengajaran, penulisan akademik, maupun perumusan kebijakan publik. Bagi institusi pendidikan tinggi, partisipasi mahasiswa dalam kompetisi ini menjadi representasi dari keberhasilan proses pembinaan akademik, sekaligus mencerminkan capaian mutu dan relevansi pendidikan tinggi di tingkat nasional.

Melalui kompetisi ini, mahasiswa tidak hanya berkesempatan untuk meraih prestasi, tetapi juga memperoleh pengalaman berharga dalam menyusun karya

ilmiah yang dapat dipublikasikan secara nasional. Artikel yang terpilih biasanya dipublikasikan dalam prosiding resmi PKM, yang dapat menjadi bagian dari portofolio akademik mahasiswa. Hal ini membuka peluang yang lebih luas di bidang riset lanjutan, pengembangan teknologi, serta inovasi sosial yang berkelanjutan dan berdampak.

Untuk dapat mengikuti kompetisi ini, pelaksanaan program dilakukan secara bertahap dan sistematis. Langkah awal dimulai dari penentuan topik artikel yang relevan dan sesuai dengan latar belakang keilmuan anggota tim. Pemilihan topik dilakukan melalui diskusi tim, dengan mempertimbangkan urgensi isu dan potensi kontribusinya terhadap pengembangan keilmuan. Setelah topik ditentukan, tim melanjutkan dengan melakukan studi literatur terhadap berbagai referensi seperti jurnal ilmiah, buku akademik, laporan riset, serta artikel terpercaya lainnya. Kajian literatur ini menjadi landasan utama dalam merumuskan permasalahan, membangun kerangka konseptual, serta menyusun argumen ilmiah yang akan dituangkan dalam artikel.

Setelah memiliki arah kajian yang jelas, dilakukan pembagian tugas antaranggota tim berdasarkan lingkup bahasan yang telah ditetapkan. Tujuan dari pembagian ini adalah agar proses penulisan berjalan secara efisien dan masing-masing anggota dapat fokus pada bagian yang dikuasai. Selama proses penulisan berlangsung, tim secara rutin melakukan bimbingan dengan dosen pembimbing untuk memastikan arah penulisan tetap sesuai dengan tujuan awal dan pedoman resmi PKM-AI. Hasil dari setiap bimbingan kemudian diterapkan ke dalam draf artikel yang disusun secara kolaboratif dengan memperhatikan kesinambungan antarbagian, kualitas bahasa, dan kedalaman bahasan.

Tahap berikutnya adalah proses revisi dan penyuntingan. Draft awal artikel akan diperiksa ulang dari segi substansi, struktur kalimat, logika penulisan, serta kelengkapan referensi. Pemeriksaan ini juga mencakup penyesuaian terhadap format penulisan sesuai template PKM dan gaya kutipan yang berlaku. Setelah artikel mencapai versi final, tim melakukan pengecekan orisinalitas menggunakan

perangkat pendeteksi kemiripan naskah (similarity check) untuk memastikan tulisan terbebas dari unsur plagiarisme dan layak untuk dikirim.

Langkah terakhir adalah pengunggahan naskah ke sistem daring resmi PKM yang disediakan oleh Kemendikbudristek melalui laman <https://simbelmawa.kemdikbud.go.id>. Tim memastikan bahwa seluruh dokumen pendukung seperti lembar pengesahan, data identitas, dan file naskah telah lengkap dan sesuai dengan ketentuan teknis yang berlaku. Setelah artikel dikirim, tim tetap melakukan pemantauan terhadap proses seleksi serta melakukan evaluasi internal terhadap keseluruhan tahapan yang telah dilalui. Diharapkan, melalui proses tersebut, tim mampu menyelesaikan program secara maksimal dan menghasilkan karya ilmiah yang tidak hanya layak secara akademik, tetapi juga memberikan kontribusi yang nyata terhadap bidang keilmuan dan masyarakat luas.

3.2 Fase Akhir yang akan Dicapai

Pelaksanaan program ini berada dalam kerangka Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) dengan skema Proyek Independen: Lomba dan Kompetisi, yang bertujuan memberikan ruang bagi mahasiswa untuk mengembangkan potensi akademik, keterampilan riset, serta kemampuan berpikir kritis dan analitis melalui aktivitas nyata di luar perkuliahan formal. Program ini dirancang untuk menghasilkan luaran konkret berupa keterlibatan aktif dalam ajang kompetisi nasional, yang dalam hal ini diwujudkan melalui keikutsertaan dalam Pekan Kreativitas Mahasiswa – Artikel Ilmiah (PKM-AI) tahun 2025.

Fase akhir dari pelaksanaan program MBKM ini ditandai dengan selesainya keseluruhan rangkaian kegiatan proyek secara mandiri oleh mahasiswa, serta terpenuhinya capaian pembelajaran berbasis proyek yang disyaratkan oleh skema MBKM. Capaian utama meliputi:

- 1) Tersusunnya artikel ilmiah yang memenuhi standar substansi dan teknis, sesuai pedoman resmi PKM-AI 2025. Artikel ini merupakan hasil sintesis dari seluruh proses yang telah dilakukan mahasiswa, mulai dari

studi literatur, eksplorasi data, pemodelan, analisis hasil, hingga refleksi ilmiah terhadap temuan.

- 2) Pengunggahan artikel ke sistem daring SIMBELMAWA sebagai bentuk partisipasi formal dalam seleksi nasional PKM. Aktivitas ini merupakan syarat kelulusan dari program MBKM Proyek Independen, yang harus dipenuhi sebelum mahasiswa menjalani sidang akhir evaluasi program.
- 3) Pencapaian kemampuan akademik dan non-akademik, meliputi literasi riset, pemahaman metodologi ilmiah, kedisiplinan dalam pengelolaan waktu dan tugas, serta kemampuan menyampaikan argumen ilmiah secara sistematis dan logis.

Capaian-capaian tersebut tidak hanya menjadi bentuk pertanggungjawaban terhadap pelaksanaan proyek, tetapi juga mencerminkan ketercapaian Indikator Kinerja Individu MBKM, khususnya pada aspek kemandirian belajar, penguatan literasi akademik, dan partisipasi aktif dalam ruang-ruang ilmiah nasional. Oleh karena itu, fase ini merupakan bagian krusial dalam proses asesmen kelayakan kelulusan peserta program MBKM Proyek Independen.

Berbeda dengan aktivitas perkuliahan konvensional, dalam skema proyek independen, mahasiswa diharapkan untuk menyusun dan melaksanakan proyek secara otonom, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, monitoring, hingga pelaporan. Dalam konteks ini, keikutsertaan dalam PKM-AI bukan semata sebagai tujuan akhir, melainkan sebagai media implementatif untuk menyalurkan capaian pembelajaran yang telah dirancang sejak awal program. Secara khusus, keberhasilan program ini akan ditinjau berdasarkan beberapa indikator utama, yaitu:

- Kualitas luaran artikel ilmiah, baik dari segi isi, struktur penulisan, orisinalitas, serta kesesuaian dengan tema PKM-AI dan gaya penulisan akademik;

- Kelengkapan dokumentasi proses pelaksanaan proyek, termasuk log aktivitas harian, hasil bimbingan dosen, evaluasi hasil pemodelan, dan laporan akhir teknis;
- Kemampuan mahasiswa dalam mempresentasikan proses dan hasil kegiatan, yang akan dinilai dalam sidang akhir program MBKM sebagai bentuk refleksi terhadap pengalaman belajar yang diperoleh;
- Etika akademik, yang ditunjukkan melalui orisinalitas karya, penggunaan sumber yang sah, serta keterbukaan dalam menyampaikan metode dan hasil.

Dengan menyelesaikan seluruh tahapan tersebut, mahasiswa tidak hanya memenuhi syarat administratif untuk kelulusan program MBKM, tetapi juga memperoleh pengalaman mendalam dalam riset dan publikasi ilmiah. Hal ini sejalan dengan esensi utama MBKM, yaitu memberikan kebebasan belajar kepada mahasiswa untuk mengeksplorasi, mengembangkan diri, dan berkontribusi secara langsung terhadap ekosistem akademik maupun masyarakat melalui kegiatan yang relevan dan berdampak.

Secara keseluruhan, fase akhir program ini menjadi manifestasi nyata dari pendekatan pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*), di mana mahasiswa secara aktif mengintegrasikan teori dan praktik dalam konteks nyata. Partisipasi dalam PKM-AI hanyalah salah satu bentuk konkret dari capaian program, sementara nilai utama terletak pada proses pengembangan diri yang dilalui secara sistematis, reflektif, dan berbasis kompetensi.

3.3 Koleksi Data

Dataset yang digunakan adalah "Potato Leaf Disease Dataset in Uncontrolled Environment" yang tersedia melalui platform Mendeley Data. Mendeley Data adalah repositori daring berskala internasional yang memungkinkan para peneliti menyimpan, membagikan, dan mengakses dataset penelitian secara terbuka dan terstandarisasi. Platform ini dikelola oleh Elsevier dan digunakan secara luas dalam publikasi ilmiah. Dataset ini berisi citra daun kentang yang diambil dari lingkungan

terbuka dengan latar, cahaya, dan kondisi visual yang bervariasi. Dataset ini terbagi menjadi tujuh kelas: Bacteria, Fungi, Healthy, Nematode, Pest, Phytophthora, dan Virus. Gambar dalam dataset berformat .jpg dan memiliki resolusi berbeda-beda. Dataset ini dapat diakses melalui berikut: [Potato Leaf Disease Dataset in Uncontrolled Environment - Mendeley Data](#)[35].

Masing-masing kelas dalam dataset tersebut merepresentasikan kondisi spesifik yang umum ditemukan pada daun tanaman kentang di lingkungan budidaya terbuka. Keberagaman gejala visual dari tiap kelas memungkinkan pengembangan model klasifikasi berbasis citra dengan kompleksitas yang cukup tinggi. Kelas-kelas ini mencakup kondisi sehat maupun berbagai bentuk penyakit yang disebabkan oleh organisme patogen seperti bakteri, jamur, dan virus, serta serangan hama dan gangguan akibat nematoda atau organisme tular tanah lainnya. Setiap kategori memiliki karakteristik visual yang khas, seperti perubahan warna daun, munculnya bercak, kerusakan jaringan, atau deformasi bentuk.

3.3.1 Bacteria



Gambar 3. 1 Citra Daun Kelas Bacteria

Kelas Bacteria mencakup citra daun kentang yang menunjukkan gejala infeksi akibat serangan bakteri patogen. Pada kelas ini, daun umumnya mengalami bercak berwarna cokelat hingga kehitaman yang tidak beraturan dan menyebar secara difus. Bercak-bercak ini kerap kali tidak memiliki batas yang tegas, dan pada kasus lanjut dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan jaringan yang bersifat sistemik. Gejala seperti ini mengindikasikan adanya degradasi fisiologis akibat metabolit toksik yang dihasilkan oleh bakteri. Oleh karena itu, citra dalam kelas ini merepresentasikan daun dengan kondisi yang sudah mengalami kerusakan parah dan menjadi penanda penting dalam klasifikasi berbasis visual.

3.3.2 Fungi

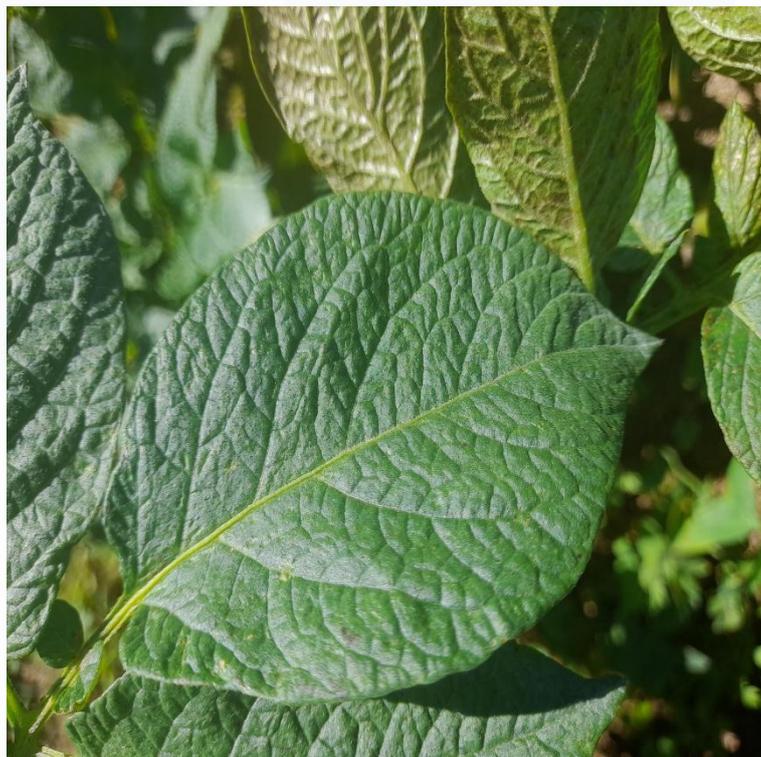


Gambar 3. 2 Citra Daun Kelas Fungi

Kelas Fungi terdiri dari daun yang mengalami infeksi jamur, salah satu patogen utama yang menyerang tanaman kentang di lingkungan tropis dan subtropis. Gejala yang muncul berupa bercak berwarna cokelat tua hingga kehitaman dengan batas tegas dan bentuk cenderung melingkar atau

oval. Dalam kondisi lembap, miselium jamur sering kali terlihat tumbuh pada permukaan daun. Infeksi jamur tidak hanya menghambat fotosintesis, tetapi juga mempercepat defoliiasi dan memperburuk produksi tanaman secara keseluruhan. Data visual dalam kelas ini penting untuk membedakan gejala jamur dari patogen lain yang memiliki pola penyebaran berbeda.

3.3.3 Healthy



Gambar 3. 3 Citra Daun Kelas Healthy

Kelas Healthy merepresentasikan daun kentang dalam kondisi optimal, tanpa gejala infeksi maupun kerusakan fisiologis. Daun pada kelas ini umumnya berwarna hijau segar, memiliki permukaan yang utuh, dan tidak terdapat bercak, kerusakan, ataupun kelainan bentuk lainnya. Keberadaan kelas Healthy sangat penting dalam proses pelatihan model, karena berfungsi sebagai baseline atau kontrol dalam membandingkan fitur visual antara daun yang sehat dan terinfeksi. Selain itu, kejelasan citra daun sehat juga membantu dalam kalibrasi akurasi segmentasi dan klasifikasi pada sistem berbasis penglihatan komputer.

3.3.4 Nematode



Gambar 3. 4 Citra Daun Kelas Nematode

Kelas Nematode berisi citra daun tanaman yang menunjukkan dampak tidak langsung dari infeksi nematoda, yaitu sekelompok organisme parasit mikroskopis yang menyerang akar. Gejala pada daun umumnya berupa klorosis atau perubahan warna menjadi kekuningan, layu, pertumbuhan yang terhambat, serta bentuk daun yang tidak simetris. Walaupun serangan terjadi di bawah tanah, dampaknya terhadap sistem fisiologis tanaman terlihat jelas di bagian daun. Hal ini mencerminkan gangguan distribusi air dan nutrisi akibat kerusakan sistem perakaran, sehingga penting untuk diidentifikasi secara dini dalam upaya mitigasi penyakit tanaman.

3.3.5 Pest



Gambar 3. 5 Citra Daun Kelas Pest

Kelas Pest menggambarkan kerusakan daun akibat gangguan hama seperti serangga pengunyah (contohnya ulat, kumbang, atau wereng). Berbeda dengan patogen, kerusakan akibat hama bersifat mekanis dengan gejala seperti robekan pada jaringan, lubang tidak beraturan, gigitan pada tepi atau tengah daun, serta jaringan yang terpotong secara fisik. Variasi bentuk kerusakan yang tinggi membuat kelas ini penting untuk dipelajari secara visual agar tidak tertukar dengan gejala penyakit yang lebih sistemik. Deteksi otomatis terhadap serangan hama melalui citra dapat membantu intervensi lebih cepat sebelum kerusakan menyebar.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

3.3.6 Phytophthora



Gambar 3. 6 Citra Daun Kelas Phytophthora

Kelas Phytophthora memuat citra daun yang terinfeksi oleh *Phytophthora infestans*, patogen penyebab penyakit busuk daun (late blight) yang sangat merusak. Ciri khas yang muncul pada daun adalah bercak besar berwarna cokelat gelap hingga kehitaman yang menyebar dari tepi ke bagian tengah daun, sering kali disertai permukaan basah atau lembek karena pembusukan jaringan. Infeksi ini sangat agresif dan dapat menyebabkan kematian tanaman dalam waktu singkat jika tidak dikendalikan. Oleh karena itu, pengenalan citra dari kelas ini memiliki urgensi tinggi dalam sistem klasifikasi otomatis berbasis citra tanaman.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

3.3.7 Virus



Gambar 3. 7 Citra Daun Kelas Virus

Kelas Virus mencakup citra daun kentang yang terinfeksi virus tanaman, yang gejalanya cenderung lebih kompleks dan bervariasi dibanding patogen lainnya. Daun yang terinfeksi sering menunjukkan pola mosaik (perpaduan warna hijau dan kuning tidak merata), belang, keriting, atau deformasi bentuk seperti menggulung atau melintir. Infeksi virus mengganggu ekspresi genetik dan metabolisme tumbuhan sehingga menyebabkan gangguan fisiologis jangka panjang. Identifikasi kelas ini secara visual lebih sulit karena pola gejala tidak selalu konsisten, sehingga keberadaan citra berkualitas tinggi dalam kelas ini sangat penting bagi akurasi model klasifikasi.

3.4 Penyusunan Desain Teknis

Penyusunan desain teknis dalam penelitian ini berperan penting dalam menjembatani proses pengolahan data citra mentah menuju pembangunan sistem klasifikasi yang andal dan terukur. Penelitian ini berfokus pada pengembangan

model klasifikasi multiklas untuk mendeteksi penyakit daun kentang berbasis arsitektur Vision Transformer (ViT) dan turunannya, sehingga diperlukan pendekatan metodologis yang sistematis dan adaptif terhadap karakteristik data visual dari lingkungan terbuka.

Untuk itu, kerangka kerja Knowledge Discovery in Databases (KDD) digunakan sebagai dasar dalam perancangan alur analisis. KDD merupakan metodologi yang menekankan pada proses pencarian pengetahuan yang bermakna dari dataset besar dan kompleks, melalui tahapan yang terstruktur dan berurutan. Kerangka ini dinilai sesuai dengan kebutuhan penelitian karena mampu mengakomodasi data citra pertanian yang memiliki variabilitas tinggi dan tidak selalu terstandarisasi, seperti yang umum ditemukan pada data lapangan. Berbeda dari kerangka lain yang cenderung mengarah pada deployment produk akhir, KDD lebih menitikberatkan pada proses eksplorasi data, pembentukan pola, dan evaluasi hasil yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3.4.1 Selection

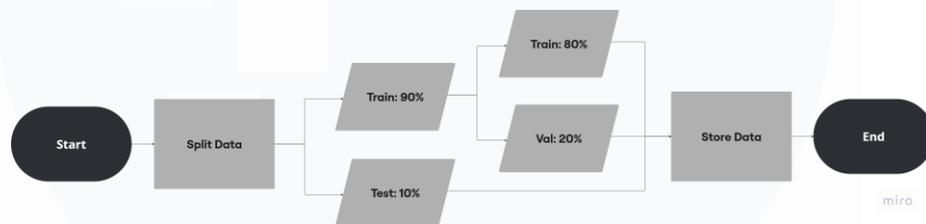
Pada tahap ini, proses seleksi data dilakukan untuk menyiapkan data mentah menjadi tiga subset utama yang akan digunakan dalam proses pelatihan dan pengujian model klasifikasi. Tujuan dari pembagian ini adalah agar proses pelatihan berlangsung terarah dan evaluasi terhadap performa model dapat dilakukan secara objektif dan terukur. Pembagian dilakukan secara acak (random split) dengan mempertimbangkan proporsi yang telah ditentukan untuk setiap subset.

Tabel 3. 4 Informasi Dataset

Sumber	Nama Dataset	Label	Jumlah
Mendeley Data	Potato Leaf Disease Dataset in Uncontrolled Environment	Bacteria	569
		Fungi	748
		Healthy	201
		Nematode	68
		Pest	611

		Phytophthora	347
		Virus	532
Total			4.076

Dataset yang digunakan terdiri atas 4.076 citra daun kentang dengan kondisi lingkungan yang tidak terkontrol. Data tersebut mencakup tujuh kategori label, yaitu: Bacteria, Fungi, Healthy, Nematode, Pest, Phytophthora, dan Virus. Jumlah citra pada masing-masing kelas dapat dilihat pada Tabel 3.2.



Gambar 3. 8 Flowchart Fase Selection

Setelah data terkumpul dan dianalisis komposisinya, dilakukan pembagian menjadi tiga subset, yaitu training set (70%), validation set (20%) dan testing set (10%). Seperti yang tertera pada gambar 3.1, pembagian ini dilakukan secara acak tanpa mempertimbangkan proporsi label, namun tetap memastikan bahwa seluruh kelas terwakili dalam masing-masing subset. Training set digunakan untuk membangun dan menyesuaikan parameter model, validation set digunakan untuk menguji performa model selama pelatihan dan mencegah overfitting, sedangkan testing set digunakan untuk mengukur akurasi akhir dari model pada data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Distribusi acak ini dilakukan untuk menciptakan data pelatihan yang cukup besar agar model dapat mempelajari pola secara menyeluruh, sekaligus menyediakan data validasi dan pengujian yang representatif. Meskipun tidak menggunakan teknik stratifikasi, pengecekan manual dilakukan untuk memastikan bahwa semua kelas tetap terwakili dalam ketiga subset, sehingga model dapat mengenali beragam jenis penyakit daun

kentang dengan tingkat presisi yang baik dan tidak terfokus hanya pada kelas mayoritas saja.

3.4.2 Data Cleaning

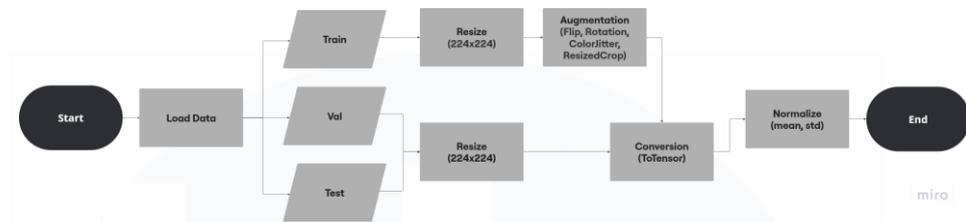
Tahapan data cleaning dalam proyek ini bersifat minimal karena dataset yang digunakan telah tersedia dalam format terstruktur dan layak pakai. Dataset yang diperoleh dari platform Mendeley Data telah dikurasi sebelumnya, sehingga tidak ditemukan kasus duplikasi citra, file rusak, ataupun label yang tidak sesuai.

Struktur direktori dataset telah disusun berdasarkan nama kelas masing-masing, dan data dibaca menggunakan metode *ImageFolder* dari pustaka *torchvision.datasets*. Metode ini secara otomatis hanya memuat file citra dengan format valid (.jpg) dan mengabaikan file yang tidak terbaca, sehingga berfungsi sebagai proses penyaringan awal (*basic filtering*).

Dengan demikian, tidak diperlukan proses pembersihan lanjutan seperti penghapusan duplikasi, penanganan missing value, atau koreksi label, karena data sudah memenuhi syarat untuk langsung digunakan dalam proses transformasi dan pelatihan model.

3.4.3 Transformation and Reduction

Tahapan transformasi dan reduksi dilakukan untuk menyiapkan data gambar ke dalam format yang optimal bagi proses pelatihan model Vision Transformer. Proses ini bertujuan mengurangi variasi yang tidak relevan dalam citra, seperti perbedaan orientasi, pencahayaan, maupun ukuran, serta untuk meningkatkan kualitas generalisasi model terhadap variasi citra di dunia nyata. Seluruh citra pada dataset yang telah dibagi sebelumnya ke dalam tiga subset, yaitu training set, validation set, dan testing set, diproses melalui beberapa tahapan transformasi yang berbeda sesuai perannya masing-masing.



Gambar 3. 9 Flowchart Fase Transformation and Reduction

Berdasarkan gambar 3.2, langkah pertama yang diterapkan pada seluruh subset adalah mengubah ukuran gambar menjadi 224×224 piksel. Ukuran ini ditetapkan untuk menyesuaikan dimensi input standar pada model Vision Transformer yang menggunakan bobot pre-trained dari dataset ImageNet. Untuk data pelatihan, diterapkan beberapa augmentasi guna memperluas variasi visual. Augmentasi ini mencakup rotasi acak hingga 10 derajat, pencerminan horizontal dengan peluang sebesar 50%, serta pengaturan acak terhadap kecerahan, kontras, saturasi, dan rona warna. Selain itu, sebagian citra juga dipotong secara acak dengan skala antara 80% hingga 100% dari ukuran asli, lalu disesuaikan kembali ke ukuran 224×224 piksel. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk memperkaya variasi data dan mencegah model hanya mengenali pola visual yang terbatas.

Setelah proses augmentasi pada training set, seluruh subset data dikonversi ke format tensor atau numerik. Transformasi ini mengubah nilai piksel gambar dari skala 0–255 menjadi skala 0.0–1.0 dan mengorganisasi data ke dalam format tensor [C, H, W] yang terdiri dari tiga channel warna (Red, Green, Blue) serta dimensi tinggi dan lebar. Tahap terakhir, seluruh subset dinormalisasi berdasarkan nilai rata-rata dan deviasi standar yang digunakan pada ImageNet, yaitu rata-rata sebesar 0.485 untuk channel merah, 0.456 untuk hijau, dan 0.406 untuk biru. Sementara itu, deviasi standarnya masing-masing adalah 0.229, 0.224, dan 0.225 untuk ketiga channel tersebut. Proses normalisasi ini bertujuan untuk menstabilkan rentang nilai piksel sehingga lebih mudah diproses oleh model selama pelatihan.

3.4.4 Data Mining

Pada tahap ini, model Vision Transformer digunakan untuk membangun sistem klasifikasi citra daun kentang berdasarkan tujuh kategori penyakit yang telah ditentukan sebelumnya. Model yang dipilih adalah ViT Base Patch-16, yaitu arsitektur Vision Transformer berukuran dasar dengan ukuran patch 16×16 piksel dan bobot awal (pre-trained weights) dari dataset ImageNet. Penggunaan bobot awal ini bertujuan untuk mempercepat konvergensi pelatihan dan meningkatkan performa klasifikasi, terutama pada dataset dengan ukuran terbatas.

Proses pelatihan dilakukan dengan menggunakan fungsi loss CrossEntropyLoss karena permasalahan yang dihadapi merupakan klasifikasi multi-kelas. Optimisasi dilakukan menggunakan Adam optimizer dengan learning rate sebesar $1e-4$, yang dipilih karena kemampuannya menyesuaikan laju pembelajaran secara adaptif selama proses training. Jumlah maksimum epoch ditetapkan sebanyak 100 kali iterasi, dengan batch size sebesar 32 untuk menyeimbangkan antara efisiensi memori dan stabilitas pembaruan parameter.

Untuk menghindari overfitting dan memastikan efisiensi waktu pelatihan, diterapkan teknik early stopping. Mekanisme ini memonitor performa model terhadap validation loss, dan akan menghentikan pelatihan jika tidak terjadi peningkatan selama 10 epoch berturut-turut (patience = 10). Strategi ini penting untuk menjaga model tetap general terhadap data baru dan tidak berlatih berlebihan pada data training. Model terbaik disimpan secara otomatis saat nilai validasi loss mencapai performa optimal. Tabel 3.3 berikut merangkum konfigurasi parameter utama yang digunakan dalam proses pelatihan model:

Tabel 3. 5 Parameter Model

Parameter	Nilai
-----------	-------

Arsitektur Model	ViT Base Patch-16 (pre-trained)
Jumlah Kelas	7
Ukuran Gambar	224 x 224 piksel
Optimizer	Adam
Learning Rate	1e-4
Loss Function	CrossEntropyLoss
Batch Size	32
Max Epoch	100
Early Stopping	Patience = 10
Model Save File	vits_kentang.pth

Konfigurasi ini dirancang untuk menghasilkan model klasifikasi yang tidak hanya akurat, tetapi juga mampu bekerja secara konsisten pada berbagai kondisi citra yang beragam di lingkungan nyata. Seluruh tahapan pelatihan dilaksanakan menggunakan PyTorch dan dieksekusi pada lingkungan yang telah dikonfigurasi sebelumnya, dengan dukungan GPU untuk mempercepat proses komputasi.

3.4.5 Interpretation/Evaluation

Tahap evaluasi dilakukan sebagai bagian krusial dalam pengujian performa model klasifikasi citra yang dikembangkan, dengan tujuan untuk menilai sejauh mana model mampu mengenali dan mengelompokkan citra daun kentang ke dalam kelas penyakit yang tepat. Evaluasi ini dilakukan setelah proses pelatihan selesai, menggunakan data uji (testing set) yang sepenuhnya terpisah dari data pelatihan dan validasi, sehingga mampu memberikan gambaran objektif terhadap generalisasi model terhadap data baru.

Model yang digunakan dalam tahap ini merupakan model terbaik yang diperoleh selama pelatihan, yaitu model dengan nilai validation loss terendah berdasarkan penerapan teknik early stopping. Data uji kemudian diberikan sebagai masukan ke dalam model, dan hasil prediksinya dibandingkan dengan label sebenarnya untuk mengukur performa klasifikasi.

Evaluasi dilakukan melalui sejumlah metrik kuantitatif yang umum digunakan dalam klasifikasi multi-kelas. Metrik utama yang digunakan adalah akurasi, yaitu proporsi dari jumlah prediksi yang benar dibandingkan dengan total jumlah sampel. Untuk memperoleh penilaian yang lebih menyeluruh, digunakan pula metrik precision, recall, dan F1-score yang dihitung untuk masing-masing kelas, serta dirata-ratakan secara makro. Precision mengukur ketepatan model dalam memprediksi suatu kelas, recall mengukur kemampuan model dalam mengenali seluruh anggota dari kelas tersebut, sedangkan F1-score menggambarkan keseimbangan antara *precision* dan *recall*.

Selain metrik numerik tersebut, *confusion matrix* juga digunakan untuk memvisualisasikan jumlah prediksi benar dan salah di setiap kelas, serta mengidentifikasi pola kesalahan klasifikasi yang terjadi. Informasi ini dilengkapi dengan classification report yang memuat ringkasan nilai precision, recall, F1-score, dan jumlah data per kelas (support), sehingga memungkinkan analisis performa model secara terperinci dan sistematis.

Sebagai pelengkap, evaluasi juga mencakup perhitungan dan visualisasi ROC curve (Receiver Operating Characteristic) dan nilai AUC (Area Under Curve). Mengingat proyek ini melibatkan klasifikasi multi-kelas, pendekatan yang digunakan adalah one-vs-rest, di mana ROC curve dihitung secara terpisah untuk masing-masing kelas terhadap kelas lainnya. ROC curve memberikan gambaran tentang kemampuan model dalam membedakan antara kelas target dan kelas lainnya pada berbagai ambang

batas klasifikasi, sedangkan AUC merepresentasikan nilai integral dari kurva tersebut sebagai ukuran performa diskriminatif model. Nilai AUC yang mendekati 1 menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang sangat baik dalam membedakan antar kelas, sedangkan nilai yang mendekati 0.5 menunjukkan performa mendekati acak.

3.4.6 Knowledge

Tahapan knowledge merupakan fase akhir dalam proses KDD yang bertujuan untuk menafsirkan hasil evaluasi model secara lebih mendalam, mengaitkannya dengan konteks domain yang dikaji, serta menyimpulkan pengetahuan baru yang dapat diambil dari data yang telah diolah. Pada proyek ini, proses knowledge difokuskan pada bagaimana model klasifikasi citra mampu memberikan wawasan praktis terhadap deteksi dini penyakit daun kentang di lingkungan nyata.

Pengetahuan yang diperoleh berasal dari kombinasi antara metrik evaluasi (seperti akurasi, precision, recall, F1-score, dan AUC), serta pola-pola yang terlihat dalam confusion matrix. Misalnya, jika ditemukan bahwa model sering keliru membedakan antara kelas *Fungi* dan *Phytophthora*, maka dapat disimpulkan bahwa kedua kelas tersebut memiliki kemiripan visual yang tinggi, sehingga diperlukan data tambahan atau augmentasi khusus untuk meningkatkan akurasi. Sebaliknya, jika terdapat kelas yang konsisten terprediksi dengan baik, hal ini menunjukkan bahwa fitur visual pada kelas tersebut cukup unik dan mudah dikenali oleh model.

Selain itu, tahapan knowledge juga dapat memberikan insight tentang efektivitas pendekatan Vision Transformer dalam domain klasifikasi penyakit tanaman. Misalnya, kemampuan model dalam mempertahankan performa tinggi meskipun data berasal dari lingkungan tak terkontrol menunjukkan potensi ViT untuk diaplikasikan dalam sistem monitoring lapangan berbasis citra. Pengetahuan ini tidak hanya berlaku untuk studi ini, tetapi juga dapat dijadikan dasar bagi penelitian lanjutan,

penerapan teknologi pada skala produksi, atau pengembangan sistem deteksi otomatis di sektor pertanian.

