

BAB III

PELAKSANAAN PROYEK

3.1. Tahap Pelaksanaan Program

Pelaksanaan kegiatan dilakukan oleh satu tim mahasiswa dari Program Studi Sistem Informasi, Universitas Multimedia Nusantara, yang tergabung dalam klaster Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Independen. Tim ini terdiri atas tiga orang anggota, yaitu Sabrina Fajrul Ula Usman selaku ketua tim, serta dua anggota yaitu Rhauma Syira Anggina dan Almira Zahra Aurelia. Selama pelaksanaan kegiatan, tim dibimbing oleh dosen pendamping, Ibu Irmawati, S.Kom., M.M.S.I.

Tim berpartisipasi dalam Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Tahun 2025, khususnya pada bidang Artikel Ilmiah (PKM-AI). Program ini diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, sebagai ajang pengembangan kreativitas dan potensi akademik mahasiswa di seluruh Indonesia. Salah satu tujuan dari program ini adalah menumbuhkan budaya ilmiah serta meningkatkan kualitas riset dan publikasi di kalangan mahasiswa.

Topik yang diangkat oleh tim berada dalam ruang lingkup tema “Kemandirian Pangan, Energi, dan Air”, sebagaimana ditetapkan dalam Panduan PKM 2025. Tema tersebut dipilih karena isu ketahanan pangan menjadi aspek penting dalam pembangunan berkelanjutan, dan teknologi deteksi penyakit tanaman dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan produktivitas pertanian.

Dalam proyek ini, seluruh anggota tim berperan aktif dalam menyusun artikel ilmiah. Kegiatan meliputi penyusunan kerangka penulisan, kajian literatur, pelaksanaan eksperimen model, analisis hasil, serta penulisan laporan akhir. Pembagian tugas teknis dilakukan sesuai fokus eksperimen yang diangkat. Almira Zahra Aurelia bertanggung jawab dalam pemodelan arsitektur Vision Transformer (ViT), Sabrina Fajrul Ula Usman mengimplementasikan arsitektur Data-efficient Image Transformer (DeiT), dan Rhauma Syira Anggina melaksanakan eksperimen serta analisis performa arsitektur Swin Transformer. Selain itu, masing-masing

anggota juga mendokumentasikan seluruh proses teknis secara terperinci, mulai dari pra-pemrosesan data citra daun kentang, pelatihan model, hingga evaluasi performa menggunakan metrik klasifikasi.

Tabel 3.1. Peran dan Tanggung Jawab Anggota Kelompok

No	Anggota Tim	Peran	Tanggung Jawab
1	Sabrina Fajrul	Ketua	Melakukan pemodelan transformer DeiT dan menyusun artikel ilmiah.
2	Rhauma Syira Anggina	Anggota	Melakukan pemodelan transformer Swin dan menyusun artikel ilmiah.
3	Almira Zahra Aurelina	Anggota	Melakukan pemodelan transfer ViT dan menyusun artikel ilmiah.

Koordinasi dalam pelaksanaan proyek dilakukan secara aktif melalui diskusi daring dan pertemuan rutin bersama dosen pembimbing untuk memantau kemajuan serta memastikan tugas setiap anggota tim terlaksana sesuai peran masing-masing. Setiap kegiatan dirancang berdasarkan jadwal kerja internal tim yang disesuaikan dengan kebutuhan proyek dan tenggat dari program yang diikuti. Rangkaian aktivitas ini dituangkan dalam *timeline* kegiatan pada Tabel 3.1, yang mencakup seluruh tahapan dari penentuan topik hingga pengunggahan artikel ilmiah.

Tabel 3.2. *Timeline* Pelaksanaan Proyek

No	Minggu	Target	Keterangan
1	3 – 7 Feb 2025	Penentuan Topik	Melakukan diskusi bersama dengan dosen pembimbing mengenai topik dan lomba yang akan diikuti.
2	10 – 14 Feb 2025	Studi Literatur	Melakukan penelusuran dan analisis terhadap penelitian-penelitian terdahulu untuk mengevaluasi metode dan model

			yang telah digunakan, serta mengidentifikasi gap yang ada. Hasil studi ini digunakan sebagai dasar dalam memilih pendekatan dan arsitektur model yang akan diterapkan pada penelitian.
3	17 Feb – 7 Mar 2025	Eksperimen Awal Model Swin Transformer	Melakukan eksplorasi awal terhadap arsitektur model Swin Transformer, termasuk uji coba preprocessing dasar. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui potensi dan keterbatasan awal model.
4	10 – 21 Mar 2025	Eksperimen Model Lanjutan	Melanjutkan eksperimen dengan memperbaiki preprocessing, augmentasi data, dan tuning hyperparameter untuk meningkatkan performa model.
5	8 – 10 Apr 2025	Evaluasi dan Analisis	Melakukan evaluasi model menggunakan berbagai metrik (akurasi, F1-score, confusion matrix, ROC) serta menganalisis hasil klasifikasi per kelas.
6	14 Apr – 14 Mei 2025	Penyusunan Artikel Ilmiah	Menyusun artikel ilmiah berbasis hasil eksperimen dan evaluasi, termasuk pendahuluan, metodologi, hasil, pembahasan, simpulan, dan saran.

7	19 – 22 Mei 2025	Revisi Laporan	Melakukan revisi berdasarkan masukan dari dosen pembimbing dan anggota tim sebelum proses pendaftaran di Simbelmawa.
8	26 Mei 2025	Registrasi Simbelmawa	Melakukan pendaftaran peserta dan kelengkapan administratif lainnya di platform Simbelmawa.
9	1 Juni 2025	Penunggahan Artikel	Melakukan finalisasi dan pengunggahan artikel ilmiah ke Simbelmawa sesuai tenggat yang ditetapkan.

Tabel 3.2 merangkum tahapan pelaksanaan proyek yang disusun secara sistematis sejak penentuan topik hingga pengunggahan artikel akhir ke platform Simbelmawa. Penyusunan timeline tidak hanya mengacu pada jadwal resmi dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, tetapi juga mempertimbangkan kebutuhan akademik internal kampus seperti pelaksanaan Ujian Tengah Semester (UTS) dan Ujian Akhir Semester (UAS). Hal ini dilakukan agar pelaksanaan proyek tetap selaras dengan kalender akademik dan tidak mengganggu kewajiban perkuliahan lainnya.

Selain itu, setiap tahapan pada timeline dirancang dengan mempertimbangkan waktu yang cukup untuk proses diskusi, eksperimen, hingga evaluasi hasil, agar kualitas penelitian tetap terjaga. Pendekatan bertahap ini memungkinkan tim untuk melakukan perbaikan secara berkala, baik dari sisi metode, model yang digunakan, maupun penyusunan laporan ilmiah. Dengan pembagian waktu yang proporsional dan koordinasi yang efektif antar anggota tim, kegiatan proyek diharapkan dapat

berjalan secara optimal tanpa mengganggu performa akademik masing-masing anggota.

Tabel 3.3. Timeline Proses Pendaftaran dan Validasi PKM

No	Jenis	Aktivitas	Batas Waktu
1	Akun Operator	• Unggah Judul PKM • Unggah Berita Acara • Unggah Komitmen Dana	Maksimum 26 Mei 2025 23:59 WIB
2	Akun Mahasiswa	• Melengkapi Identitas • Melengkapi Anggota • Submit Proposal PKM	Maksimum 2 Juni 2025 23:59 WIB
3	Akun Dosen dan Pimpinan PT	• Validasi Proposal PKM	Maksimum 2 Juni 2025 23:59 WIB

Tabel di atas menunjukkan batas waktu unggah dan validasi dokumen yang berlaku untuk masing-masing jenis akun dalam sistem Simbelmawa. Operator perguruan tinggi bertanggung jawab untuk mengunggah dokumen administratif seperti judul PKM, berita acara, dan surat komitmen pendanaan sebagai bentuk dukungan institusi terhadap program mahasiswa.

Mahasiswa wajib melengkapi data identitas tim, menyusun komposisi anggota secara lengkap, serta memastikan proposal PKM sudah diunggah dan disubmit sebelum batas waktu yang telah ditentukan. Proposal yang tidak lengkap atau melebihi tenggat waktu akan berisiko tidak diverifikasi pada tahap validasi. Selanjutnya, dosen pembimbing bersama dengan pimpinan perguruan tinggi memiliki peran penting dalam melakukan validasi proposal. Validasi ini mencakup pengecekan kelengkapan dokumen, kesesuaian format, serta memastikan bahwa proposal yang diajukan memenuhi kriteria administratif yang dipersyaratkan oleh Simbelmawa.

Seluruh tahapan ini bersifat krusial karena menjadi prasyarat untuk masuk ke tahap seleksi nasional. Keterlambatan atau kelalaian dalam proses ini dapat menyebabkan proposal tidak terdaftar secara resmi dalam sistem, sehingga tim tidak dapat melanjutkan ke tahap penilaian lebih lanjut. Oleh karena itu, koordinasi yang baik antara mahasiswa, dosen pembimbing, operator perguruan tinggi, dan pimpinan menjadi kunci untuk memastikan semua proses administrasi terselesaikan tepat waktu dan sesuai ketentuan.

3.2. Fase akhir yang akan dicapai

Fase akhir yang ingin dicapai dalam pelaksanaan proyek ini adalah tersusunnya sebuah artikel ilmiah yang layak dan memenuhi ketentuan Program Kreativitas Mahasiswa – Artikel Ilmiah (PKM-AI). Artikel tersebut diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam pemanfaatan arsitektur Swin Transformer untuk klasifikasi citra daun tanaman kentang sebagai bagian dari upaya peningkatan produktivitas pertanian nasional.

Pada tahap ini, seluruh anggota tim berfokus pada finalisasi konten dan format artikel berdasarkan hasil eksperimen dan analisis model yang telah dilakukan. Artikel disusun secara sistematis sesuai panduan PKM-AI, mencakup bagian pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi, hasil dan pembahasan, simpulan, serta saran. Penulisan juga memperhatikan ketepatan bahasa, kekuatan argumentasi, dan kelengkapan visualisasi data.

Sebagai bagian dari tahap akhir, tim melakukan evaluasi internal terhadap struktur dan isi artikel melalui diskusi berkala bersama dosen pembimbing. Evaluasi ini difokuskan pada keterpaduan antarbagian, ketepatan penyampaian informasi, serta kejelasan alur penulisan. Selain itu, tim juga memastikan seluruh keperluan administratif telah disiapkan dengan baik, seperti halaman pengesahan, daftar pustaka yang sesuai format, serta penyesuaian dokumen dengan template resmi PKM-AI.

Fase akhir proyek ditutup dengan pengunggahan artikel ilmiah ke laman Simbelmawa pada tanggal 1 Juni 2025, sesuai dengan batas waktu pengumpulan yang ditetapkan oleh penyelenggara. Dengan koordinasi yang solid, pembagian tugas yang efisien, serta bimbingan dosen yang berkelanjutan, tim menargetkan penyelesaian seluruh rangkaian kegiatan secara optimal dan tepat waktu.

3.3. Koleksi Data

Dalam membangun model klasifikasi citra, pemilihan data yang sesuai dengan kondisi nyata sangat penting untuk menghasilkan model yang aplikatif dan tidak overfitting. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan dataset daun kentang yang diambil langsung dari lapangan, sehingga dapat mencerminkan tantangan visual yang sesungguhnya. Informasi mengenai dataset yang digunakan disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Informasi Dataset

Sumber	Nama Dataset	Label	Jumlah
Mendeley Data	<i>Potato Leaf Disease Dataset in Uncontrolled Environment</i>	<i>Bacteria</i>	532
		<i>Fungi</i>	347
		<i>Healthy</i>	611
		<i>Nematode</i>	68
		<i>Pest</i>	748
		<i>Pytophthora</i>	201
		<i>Virus</i>	569

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah Potato Leaf Disease Dataset in Uncontrolled Environment, yang berisi 3076 gambar daun kentang dengan resolusi 1500 x 1500 piksel. Data ini mencakup tujuh kategori, yaitu bakteri, fungi, sehat, nematoda, hama, Phytophthora, dan virus. Gambar-gambar diambil dari kebun kentang di Jawa Tengah, Indonesia, menggunakan beberapa kamera smartphone yang memberikan variasi dalam latar belakang, arah, dan jarak pengambilan gambar.

Dataset ini dipilih karena mencerminkan kondisi sebenarnya di lapangan, seperti variasi pencahayaan, latar belakang, dan posisi daun yang tidak seragam.

Hal ini penting agar model yang dikembangkan bisa lebih siap menghadapi situasi nyata saat digunakan oleh petani atau praktisi di lapangan. Selain itu, jumlah data tiap kelas yang tidak merata, misalnya kelas Nematode yang hanya memiliki sedikit gambar juga menjadi tantangan tersendiri. Tantangan ini mendorong penyesuaian dalam pelatihan model agar tidak berat sebelah dan tetap bisa mengenali semua jenis penyakit secara adil. Dengan data yang diambil langsung dari kebun kentang di Jawa Tengah, penelitian ini berharap hasil model bisa benar-benar relevan dan siap diterapkan dalam praktik pertanian.

3.3.1. Healthy

Kelas *healthy* menggambarkan kondisi normal daun kentang yang tidak mengalami gangguan apa pun. Identifikasi citra sehat sangat penting karena menjadi dasar pembeda antara kondisi normal dan abnormal. Gambar 3.1 menampilkan daun yang masuk dalam kategori sehat.



Gambar 3. 1. Daun kentang kategori Healthy

Kelas *healthy* atau sehat mencakup gambar daun kentang yang tidak menunjukkan gejala kerusakan, penyakit, atau serangan hama. Daun pada kategori ini memiliki warna hijau yang merata, permukaan yang utuh, dan tekstur yang halus. Deteksi citra sehat sangat penting untuk membedakan antara kondisi normal dan kondisi yang membutuhkan intervensi. Gambar-gambar dalam kelas ini juga membantu model mengenali citra tanpa anomali.

3.3.2. Pest

Kerusakan yang disebabkan oleh serangan hama atau serangga cukup sering ditemui di lingkungan pertanian. Identifikasi visual terhadap kerusakan fisik ini sangat penting dalam pengendalian hama. Gambar 3.2 memperlihatkan contoh daun yang masuk dalam kategori *pest*.



Gambar 3.2. Daun kentang yang rusak akibat serangan hama

Kategori *pest* berisi gambar daun yang mengalami kerusakan akibat serangan serangga atau hama fisik. Gejala umumnya berupa lubang pada permukaan daun, gigitan pada tepi daun, serta bagian yang sobek atau berlubang tidak beraturan. Warna daun bisa tetap hijau, tetapi dengan bentuk tidak simetris dan kondisi fisik rusak.

Gejala yang muncul pada daun meliputi adanya lubang-lubang pada permukaan daun, gigitan pada tepi daun, serta sobekan atau kerusakan tidak beraturan yang membuat bentuk daun menjadi tidak simetris. Meskipun warna daun sering kali tetap hijau, kondisi fisiknya menunjukkan kerusakan yang jelas dengan permukaan daun yang compang-camping. Dalam beberapa kasus, kerusakan parah dapat menyebabkan daun menjadi layu atau bahkan mati.

Serangan hama tidak hanya berdampak pada daun, tetapi juga dapat mempengaruhi kesehatan keseluruhan tanaman. Akibatnya, proses

fotosintesis terganggu dan produktivitas tanaman menurun. Oleh karena itu, identifikasi dini terhadap gejala serangan hama menjadi sangat penting agar pengendalian seperti penggunaan insektisida nabati, predator alami, atau metode pengendalian hayati lainnya dapat segera diterapkan.

3.3.3. Bacteria

Infeksi bakteri biasanya ditandai dengan bercak basah dan busuk pada daun. Deteksi visual terhadap jenis ini penting karena penyebaran bakteri umumnya cepat di lingkungan lembap. Gambar 3.3 menunjukkan contoh daun kentang yang terinfeksi bakteri.



Gambar 3.3. Daun kentang yang terinfeksi bakteri

Gambar dalam kelas ini menunjukkan infeksi akibat bakteri, seperti *Pectobacterium carotovorum*. Gejalanya meliputi bercak gelap yang menyebar tidak simetris, jaringan lunak dan membusuk, serta terkadang mengeluarkan lendir. Serangan bakteri bisa menyebar cepat di kondisi lembap dan menjadi ancaman serius dalam budidaya kentang. Model yang akurat harus mampu membedakan gejala bakteri dari infeksi lainnya yang serupa secara visual.

Serangan bakteri biasanya berkembang sangat cepat pada kondisi lingkungan yang lembap dan suhu yang relatif hangat. Selain menyerang

daun, infeksi juga bisa menyebar ke bagian batang dan umbi, sehingga menimbulkan risiko besar bagi kelangsungan tanaman dan hasil panen. Jika tidak segera dikendalikan, infeksi bakteri dapat menyebabkan kerusakan parah bahkan dalam waktu singkat.

Gejala infeksi bakteri sering kali menyerupai kerusakan akibat jamur atau kondisi lingkungan tertentu, sehingga deteksi berbasis pengamatan saja sering kurang akurat. Oleh karena itu, model deteksi berbasis deep learning harus dilatih dengan dataset yang kaya variasi untuk dapat membedakan infeksi bakteri dari infeksi lain seperti jamur atau virus yang memiliki tampilan serupa di permukaan daun.

3.3.4. Fungi

Infeksi jamur merupakan salah satu penyebab utama kerusakan daun kentang. Pola bercaknya khas dan dapat dikenali melalui visualisasi yang tepat. Contoh daun yang terinfeksi jamur ditampilkan pada Gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3.4. Daun kentang yang terinfeksi jamur (fungi)

Kategori ini menunjukkan infeksi pada daun kentang yang disebabkan oleh jamur, seperti *Alternaria solani* dan *Cercospora* spp., yang menjadi penyebab umum penyakit bercak daun pada tanaman kentang. Gejala yang paling mudah dikenali dari infeksi jamur ini adalah munculnya bercak

melingkar berwarna coklat hingga kehitaman, yang sering kali disertai dengan pola cincin konsentris mirip lingkaran pada permukaan bercak. Selain itu, terdapat area nekrosis, yaitu bagian daun yang mengalami kematian jaringan sehingga tampak kering dan rapuh.

Infeksi jamur biasanya dipicu oleh kelembapan tinggi, terutama setelah hujan atau pada lahan dengan sirkulasi udara yang buruk. Kondisi ini menciptakan lingkungan yang ideal bagi perkembangan spora jamur dan mempercepat penyebaran infeksi di antara tanaman. Jika tidak segera ditangani, penyakit ini dapat mengurangi luas permukaan daun yang sehat sehingga menghambat proses fotosintesis dan menurunkan produktivitas tanaman.

3.3.5. Nematode

Serangan nematoda sering kali tidak menunjukkan gejala visual yang mencolok, sehingga menjadi tantangan tersendiri dalam klasifikasi otomatis. Gambar 3.5 memperlihatkan daun yang dicurigai terinfeksi nematoda berdasarkan perubahan bentuk dan warna.



Gambar 3.5. Daun kentang dengan gejala nematode

Kelas nematode merupakan salah satu yang paling menantang untuk dideteksi karena gejalanya sering kali tidak spesifik. Serangan *Meloidogyne* spp. atau *Globodera* spp. dapat menyebabkan daun menguning, layu, dan

terhambat pertumbuhannya, meskipun tidak ada bercak yang mencolok. Gambar dalam kelas ini sering menunjukkan perubahan warna atau bentuk yang halus, sehingga menjadi tantangan tersendiri dalam klasifikasi citra berbasis visual.

3.3.6. Pytophthora

Serangan nematoda sering kali tidak menunjukkan gejala visual yang mencolok, sehingga menjadi tantangan tersendiri dalam klasifikasi otomatis. Gambar 3.6 memperlihatkan daun yang dicurigai terinfeksi nematoda berdasarkan perubahan bentuk dan warna.



Gambar 3.6. Daun kentang yang menunjukkan gejala pytophthora

Kategori ini merepresentasikan daun yang terinfeksi oleh jamur air *Phytophthora infestans*, penyebab utama penyakit hawar daun (late blight) pada kentang. Gejala khasnya meliputi bercak besar berwarna cokelat gelap atau ungu, yang dimulai dari tepi daun dan menyebar ke seluruh permukaan. Pada kondisi basah, dapat terlihat lapisan putih halus (spora) di bagian bawah daun. Jenis penyakit ini sangat agresif dan dapat menyebar dengan cepat melalui udara maupun cipratan air hujan, terutama dalam kondisi lingkungan yang lembap dan suhu rendah hingga sedang. Jika tidak segera ditangani, infeksi dapat menyebabkan kerusakan parah tidak hanya pada daun, tetapi juga batang dan umbi, yang akhirnya berdampak signifikan terhadap penurunan hasil panen.

3.3.7. Virus

Infeksi virus merupakan salah satu kategori yang paling sulit dikenali secara visual karena gejalanya mirip dengan stres lingkungan. Gambar 3.7 memperlihatkan daun yang menunjukkan ciri khas infeksi virus.



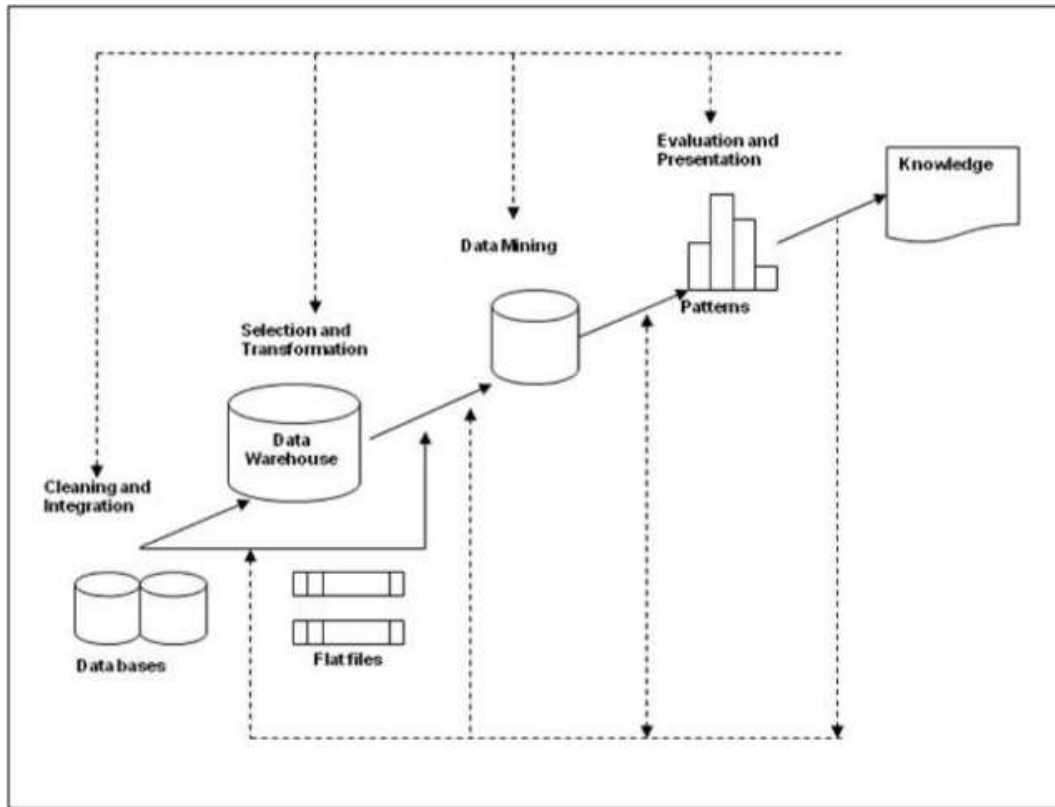
Gambar 3.7. Daun Kentang yang terinfeksi virus

Kelas ini mencakup daun yang terinfeksi virus seperti Potato Virus Y atau Potato Leaf Roll Virus. Ciri-cirinya antara lain pola mosaik (kombinasi warna hijau muda dan tua yang tidak merata), kerutan pada permukaan daun, daun menggulung, serta pertumbuhan tanaman yang kerdil. Deteksi visual virus sangat sulit karena gejalanya dapat tumpang tindih dengan stres lingkungan, sehingga penting untuk dilatih dalam model dengan variabilitas tinggi. Deteksi visual terhadap infeksi virus menjadi tantangan tersendiri karena gejala yang muncul sering kali mirip dengan dampak stres lingkungan atau kekurangan nutrisi. Oleh sebab itu, penting untuk melatih model deteksi berbasis deep learning menggunakan dataset dengan tingkat variabilitas tinggi agar mampu mengenali pola-pola halus yang tidak selalu kasat mata.

3.4. Penyusunan Desain Teknis Menggunakan KDD

Penyusunan desain teknis dalam penelitian ini mengikuti tahapan Knowledge Discovery in Database (KDD) yaitu pendekatan sistematis untuk menggali pengetahuan dari kumpulan data. KDD terdiri dari beberapa tahap utama, seperti

integrasi dan pembagian data, seleksi serta transformasi data, proses data mining, evaluasi hasil, hingga perumusan pengetahuan yang diperoleh.

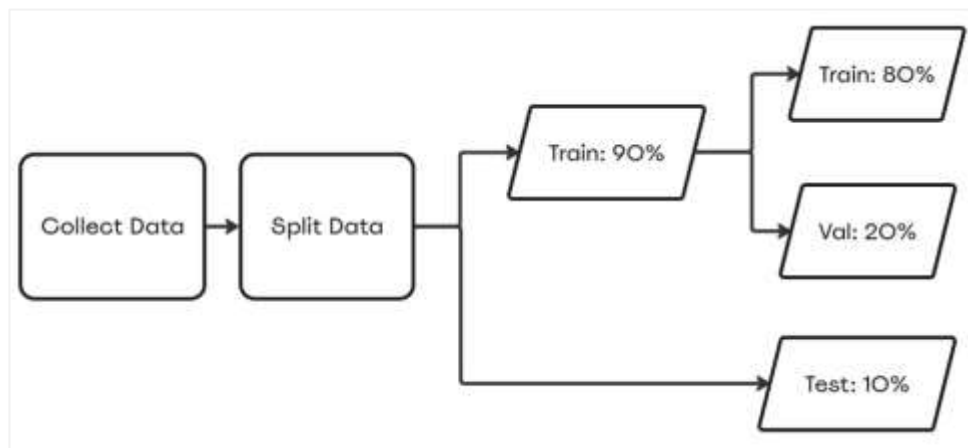


Gambar 3. 8. Tahapan KDD

Setiap tahap dirancang untuk saling terhubung dan membentuk alur kerja yang terstruktur dari pengumpulan data mentah hingga penarikan kesimpulan. Dalam penelitian ini, tahapan KDD diimplementasikan untuk menyusun dan mengembangkan model klasifikasi citra daun kentang berbasis Swin Transformer. Penerapan metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola visual dari berbagai penyakit daun secara akurat, dengan memanfaatkan potensi arsitektur vision transformer modern dan proses pelatihan berbasis augmentasi data. Desain teknis ini tidak hanya menjamin konsistensi proses analisis, tetapi juga memastikan bahwa pengetahuan yang dihasilkan bersifat replikasi, objektif, dan dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sistem deteksi penyakit tanaman yang lebih luas.

3.4.1. Integrasi dan Pembagian Data

Sebelum memulai proses pelatihan model, langkah awal yang dilakukan adalah mengintegrasikan dan mengorganisir dataset secara sistematis, serta membaginya menjadi subset yang sesuai untuk keperluan pelatihan, validasi, dan pengujian. Proses ini penting untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam pelatihan mewakili seluruh kelas secara proporsional dan model tidak mengalami bias terhadap kelas tertentu. Selain itu, pembagian data yang tepat juga membantu menjaga objektivitas evaluasi model dan menghindari kebocoran data antar subset. Pembagian dilakukan dengan mempertimbangkan distribusi label agar tetap seimbang, serta mengikuti praktik umum dalam pengembangan model deep learning. Ilustrasi dari alur integrasi dan pembagian data ditunjukkan pada Gambar 3.9 sebagai berikut:



Gambar 3.9. Flowchart Pembagian Data

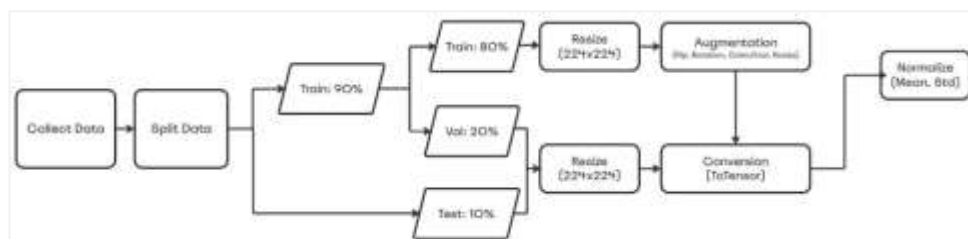
Dataset yang digunakan merupakan kumpulan citra daun kentang dengan tujuh kategori kondisi, mencakup daun sehat dan enam jenis penyakit. Data yang tersedia tidak mengalami proses pembersihan karena seluruh citra telah dalam kondisi siap pakai. Langkah awal integrasi dilakukan dengan menyatukan seluruh citra dalam satu struktur direktori yang terorganisir berdasarkan label kelas. Selanjutnya, dataset dibagi menjadi tiga subset: 10% sebagai data pengujian (test) untuk evaluasi akhir model secara objektif, serta 90% sisanya dipisahkan menjadi data pelatihan

dan validasi dengan rasio 80:20. Pembagian ini dilakukan secara acak dan proporsional terhadap distribusi label agar tetap representatif.

3.4.2. Seleksi dan Transformasi Data

Agar model dapat belajar secara optimal dari data yang tersedia, diperlukan proses seleksi dan transformasi citra yang sesuai dengan karakteristik model yang digunakan. Tahapan ini mencakup proses augmentasi data untuk memperkaya variasi visual pada data pelatihan, serta normalisasi standar untuk menyesuaikan format input dengan kebutuhan arsitektur model.

Transformasi ini penting tidak hanya untuk meningkatkan generalisasi model, tetapi juga untuk menjaga konsistensi dan kualitas data selama pelatihan dan evaluasi. Rangkaian proses transformasi ditunjukkan pada Gambar 3.10 berikut:



Gambar 3. 10. Flowchart Augmentasi dan Normalisasi

Transformasi data yang diterapkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.10. Seperti terlihat pada gambar tersebut, proses augmentasi hanya diterapkan pada data pelatihan dengan tujuan memperkaya variasi visual citra dan meningkatkan kemampuan generalisasi model. Teknik augmentasi yang digunakan meliputi rotasi acak hingga 20 derajat, pembalikan horizontal (horizontal flip) dengan probabilitas 50%, serta penyesuaian pencahayaan menggunakan *ColorJitter*. Augmentasi ini membantu model untuk lebih tahan terhadap variasi visual pada data nyata, seperti perbedaan sudut pengambilan gambar atau intensitas cahaya di lapangan.

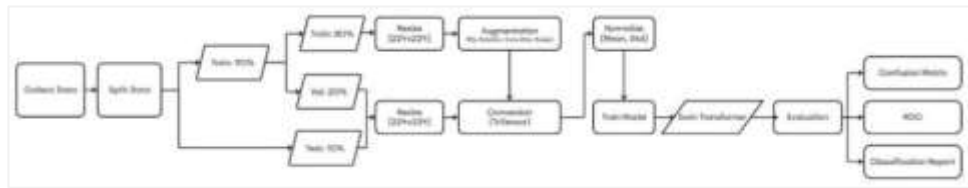
Seluruh citra kemudian diubah ukurannya menjadi 224x224 piksel agar sesuai dengan spesifikasi input pada arsitektur Swin Transformer. Setelah itu, citra dikonversi ke bentuk tensor dan dinormalisasi menggunakan nilai mean dan standar deviasi RGB dari dataset ImageNet, yaitu *mean* [0.485, 0.456, 0.406] dan *std* [0.229, 0.224, 0.225]. Normalisasi ini penting dilakukan agar distribusi nilai piksel berada dalam skala yang seimbang, sehingga mempercepat konvergensi model dan mencegah dominasi fitur tertentu selama proses pelatihan.

Pada data validasi dan pengujian, augmentasi visual tidak dilakukan. Citra hanya melalui proses resize, konversi ke tensor, dan normalisasi. Pendekatan ini bertujuan untuk menjaga objektivitas dan kejujuran evaluasi model, memastikan bahwa performa model diuji pada data yang menyerupai kondisi nyata tanpa distorsi buatan akibat augmentasi. Dengan demikian, akurasi klasifikasi dan kemampuan generalisasi model dapat diukur secara lebih valid dan representatif, serta menghindari potensi overestimation terhadap kinerja model.

3.4.3. Data Mining

Setelah data dipersiapkan melalui proses seleksi dan transformasi, langkah berikutnya adalah membangun model klasifikasi citra menggunakan pendekatan deep learning. Tahapan ini menjadi inti dari proses penelitian karena bertujuan untuk menghasilkan model yang mampu mengenali dan mengklasifikasikan penyakit daun kentang secara otomatis dan akurat.

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah Swin Transformer, sebuah arsitektur berbasis *Vision Transformer* yang dirancang untuk menangkap pola visual dari berbagai skala. Rangkaian proses pembangunan dan pelatihan model ditunjukkan pada Gambar 3.11 berikut:



Gambar 3. 11. Flowchart Modeling

Tahap data mining dalam penelitian ini mencakup pembangunan dan pelatihan model deep learning untuk klasifikasi gambar daun kentang. Model yang digunakan adalah Swin Transformer yang diimplementasikan menggunakan framework PyTorch. Proses pelatihan mencakup pembagian dataset menjadi tiga subset: data pelatihan, data validasi, dan data pengujian. Model dilatih menggunakan data yang telah diaugmentasi dan dinormalisasi untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi risiko overfitting. Parameter pelatihan seperti learning rate, batch size, dan jumlah epoch ditentukan melalui eksperimen awal dan disesuaikan secara bertahap selama proses pelatihan.

Selama pelatihan, digunakan pula strategi early stopping untuk menghentikan proses pelatihan ketika tidak terdapat peningkatan signifikan pada validation loss, guna mencegah overfitting. Seluruh eksperimen dilakukan dalam lingkungan GPU acceleration untuk mempercepat waktu pelatihan. Tahap ini menjadi bagian penting dalam siklus data mining karena berperan langsung dalam menghasilkan model klasifikasi yang andal dan siap digunakan pada tahap evaluasi dan deployment selanjutnya.

3.4.4. Evaluasi dan Visualisasi hasil

S etelah proses pelatihan model selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah evaluasi performa untuk mengetahui sejauh mana model dapat melakukan klasifikasi secara akurat dan konsisten terhadap berbagai kategori penyakit daun kentang. Evaluasi ini memegang peranan penting karena memberikan gambaran kuantitatif mengenai efektivitas model dalam

mengenali pola visual yang kompleks, khususnya dalam konteks citra lapangan yang bervariasi dan tidak terkontrol.

Beberapa metrik evaluasi yang digunakan yaitu akurasi, precision, recall, dan F1-score, yang masing-masing memberikan perspektif berbeda terhadap kinerja model, terutama dalam menghadapi distribusi kelas yang tidak seimbang. Akurasi digunakan untuk mengukur proporsi keseluruhan prediksi yang benar, sedangkan precision dan recall digunakan untuk menilai ketepatan dan sensitivitas model dalam mengklasifikasikan tiap kelas penyakit. F1-score, yang merupakan harmonisasi antara precision dan recall, memberikan penilaian menyeluruh terhadap keseimbangan performa model.

Selain metrik tersebut, digunakan juga visualisasi confusion matrix untuk melihat persebaran kesalahan klasifikasi antar kelas, dan Receiver Operating Characteristic (ROC) curve dan Area Under the Curve (AUC) untuk mengukur kemampuan diskriminatif model dalam membedakan kelas positif dan negatif. ROC curve menjadi penting dalam konteks klasifikasi multi-kelas karena dapat menunjukkan stabilitas performa model di setiap kelas, terutama pada kelas minoritas yang rawan mengalami kesalahan prediksi.

Seluruh hasil evaluasi divisualisasikan dalam bentuk grafik, tabel, dan kurva untuk mempermudah proses interpretasi dan analisis. Pendekatan visual ini memudahkan dalam mengidentifikasi pola keberhasilan maupun kelemahan model pada tiap kelas, serta menjadi acuan penting dalam pengambilan keputusan terkait penyempurnaan model.

3.4.5. Pengetahuan yang Diperoleh

Tahap ini berfungsi untuk menyimpulkan pengetahuan yang diperoleh selama proses analisis dan pemodelan. Melalui tahapan ini, peneliti dapat memahami bagaimana karakteristik data memengaruhi hasil klasifikasi, serta mengevaluasi efektivitas metode yang digunakan. Proses ini tidak hanya

memberikan hasil model, tetapi juga wawasan penting terkait kendala yang dihadapi, seperti variasi data dan performa model terhadap kelas tertentu.

Pengetahuan yang diperoleh mencakup pemahaman tentang pentingnya *data preprocessing* dan augmentasi yang tepat untuk menangani ketidakseimbangan kelas, serta peran arsitektur model dalam mengatasi kompleksitas fitur visual. Selain itu, evaluasi metrik seperti precision, recall, dan F1-score membantu mengidentifikasi kelas yang cenderung sulit diklasifikasikan, sehingga membuka peluang eksplorasi metode tambahan seperti penyeimbangan data atau *model ensemble*.

Temuan ini juga menyoroti kebutuhan akan strategi pelabelan yang lebih konsisten dan representatif dalam proses pengumpulan data di masa depan. Dengan demikian, hasil pada tahap ini tidak hanya bermanfaat untuk perbaikan model saat ini, tetapi juga menjadi fondasi penting dalam merancang sistem klasifikasi berbasis citra yang lebih handal dan aplikatif di dunia nyata, khususnya dalam konteks pemantauan tanaman secara otomatis.

3.5. Kendala yang Ditemukan

Selama menjalani MBKM Independen, penulis menghadapi beberapa kendala non-teknis yang cukup berpengaruh terhadap kelancaran pelaksanaan kegiatan. Salah satu kendala utama adalah minimnya sosialisasi dari pihak kampus terkait informasi lomba PKM, terutama mengenai alur pelaksanaan, tenggat waktu, dan panduan teknis. Meskipun sudah tersedia template resmi dari Simbelmawa, keterbatasan informasi di awal membuat tim perlu waktu lebih lama untuk memahami seluruh proses secara menyeluruh dan menyesuaikan diri dengan kebutuhan administratif serta teknis yang berlaku.

Selain itu, tim belum memiliki persiapan yang matang sejak awal program dimulai. Berbeda dengan beberapa tim dari kampus lain yang sudah mendapatkan pembinaan atau arahan lebih awal, tim penulis baru mulai menyusun rencana setelah program berjalan. Hal ini membuat proses penentuan topik, pembagian tugas, hingga penyusunan artikel perlu disesuaikan secara bertahap sepanjang

pelaksanaan. Koordinasi internal dilakukan secara fleksibel dan adaptif, namun tidak jarang harus menyesuaikan dengan kesibukan masing-masing anggota.

Kendala-kendala ini tentu menjadi pengalaman berharga yang dapat menjadi bahan evaluasi untuk pelaksanaan proyek serupa di masa mendatang, khususnya dalam hal kesiapan informasi dan dukungan dari institusi, serta perencanaan tim yang lebih terstruktur sejak awal.

3.6. Solusi atas Kendala yang Ditemukan

Menjawab kendala tersebut, tim berinisiatif melakukan pencarian informasi melalui laman Simbelmawa serta berdiskusi secara rutin dengan dosen pembimbing guna memastikan kegiatan berjalan sesuai dengan ketentuan. Selain itu, tim juga memanfaatkan referensi dari dokumentasi dan laporan kegiatan serupa sebagai panduan tambahan. Koordinasi internal ditingkatkan melalui penjadwalan pertemuan rutin secara daring maupun luring, serta pembagian tugas yang fleksibel mengikuti ritme dan ketersediaan masing-masing anggota. Dengan pendekatan ini, tim mampu menjaga konsistensi pelaksanaan proyek hingga tahap akhir pengumpulan artikel.