

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang PRO-STEP : Road to Champion Program

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan *Artificial Intelligence* (AI) pada era digital saat ini mengalami peningkatan yang sangat pesat, khususnya dalam bidang kesehatan dan pengolahan citra medis. Salah satu cabang AI yang berkembang signifikan adalah deep learning, yaitu metode pembelajaran mesin yang mampu mempelajari pola kompleks dari data dalam jumlah besar secara otomatis. Teknologi *deep learning* telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang medis, termasuk analisis citra X-Ray, CT-Scan, dan MRI untuk membantu proses diagnosis penyakit secara lebih cepat dan akurat. Penggunaan AI dalam bidang kesehatan dinilai mampu meningkatkan efisiensi tenaga medis sekaligus mengurangi risiko kesalahan diagnosis akibat faktor subjektivitas manusia [1].

Tuberkulosis (TB) merupakan salah satu penyakit menular yang masih menjadi permasalahan kesehatan global hingga saat ini. Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang menyerang paru-paru dan dapat menyebar melalui udara. Menurut *World Health Organization*, *Tuberkulosis* termasuk salah satu penyakit dengan tingkat kematian tertinggi di dunia, terutama pada negara berkembang dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Indonesia sendiri menjadi salah satu negara dengan jumlah kasus TB terbesar di dunia sehingga deteksi dini menjadi langkah penting untuk menekan angka penyebaran penyakit tersebut [2].

Salah satu metode skrining yang umum digunakan untuk mendeteksi *Tuberkulosis* adalah pemeriksaan *Chest X-Ray* karena memiliki biaya yang relatif rendah, proses pemeriksaan yang cepat, serta tersedia di berbagai fasilitas kesehatan. Namun, interpretasi citra *Chest X-Ray* bukan merupakan proses yang sederhana. Hasil radiografi sering kali memperlihatkan pola kelainan paru yang memiliki karakteristik serupa dengan penyakit paru lainnya, sehingga diperlukan

radiolog atau tenaga medis yang berpengalaman untuk mengidentifikasi indikasi Tuberkulosis secara tepat. Perbedaan pengalaman antar radiolog juga dapat menyebabkan variasi dalam interpretasi citra, terutama pada kasus dengan lesi yang kecil atau tidak khas. Di sisi lain, tingginya jumlah pasien TB dibandingkan dengan ketersediaan tenaga radiologi di berbagai fasilitas kesehatan menyebabkan beban kerja meningkat sehingga berpotensi memperlambat proses diagnosis dan meningkatkan risiko kesalahan interpretasi atau *human error*. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya sistem bantu diagnosis berbasis kecerdasan buatan yang mampu mendukung tenaga medis dalam melakukan skrining awal secara lebih cepat, konsisten, dan objektif[1].

Berbagai penelitian telah memanfaatkan metode *deep learning* untuk membantu proses deteksi Tuberkulosis berdasarkan citra *Chest X-Ray*. Pendekatan ini mampu mempelajari pola visual secara otomatis sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap ekstraksi fitur secara manual. Penelitian yang dilakukan oleh Liu dkk[3]. melalui pengembangan *TBX11K*, yaitu salah satu dataset publik berskala besar untuk deteksi Tuberkulosis, menunjukkan bahwa penerapan *deep learning* membuka peluang pengembangan sistem *Computer-Aided Tuberculosis Detection (CTD)* yang lebih efektif. Penelitian tersebut juga menegaskan bahwa ketersediaan dataset yang memadai menjadi faktor penting dalam meningkatkan performa model *deep learning* untuk diagnosis TB[3].

Perkembangan teknologi AI mendorong munculnya berbagai penelitian yang memanfaatkan *deep learning* untuk melakukan klasifikasi citra medis secara otomatis. Salah satu metode yang paling banyak digunakan adalah *Convolutional Neural Network (CNN)*. CNN memiliki kemampuan yang baik dalam mengekstraksi fitur visual dari citra sehingga mampu menghasilkan performa klasifikasi yang tinggi. Namun, metode CNN tradisional masih memiliki keterbatasan dalam memahami hubungan global antarbagian citra karena proses ekstraksi fitur dilakukan secara lokal menggunakan operasi konvolusi [4].

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dikembangkan pendekatan berbasis *Transformer* yang sebelumnya populer pada bidang *Natural Language Processing (NLP)*. Konsep Transformer kemudian diadaptasi ke bidang *computer vision*

melalui pengembangan *Vision Transformer* (ViT). Pendekatan ini menggunakan mekanisme *self-attention* sehingga mampu memahami hubungan antarbagian citra secara lebih luas dibandingkan CNN konvensional [5]. Salah satu pengembangan terbaru dari *Vision Transformer* adalah *Swin Transformer* atau *Shifted Window Transformer* yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi komputasi dan kemampuan ekstraksi fitur visual secara hierarkis[6].

Swin Transformer memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode sebelumnya, seperti kemampuan memahami fitur lokal dan *global* secara bersamaan, efisiensi komputasi yang lebih baik, serta performa klasifikasi yang tinggi pada berbagai tugas *computer vision*. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan Enhanced *Swin Transformer* pada klasifikasi *Tuberkulosis* berbasis citra X-Ray mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 99,05% [7]. Hal tersebut menunjukkan bahwa *Swin Transformer* memiliki potensi besar untuk diterapkan pada sistem diagnosis medis otomatis.

Selain itu, penelitian lain yang dilakukan oleh Yulvina dkk. menunjukkan bahwa kombinasi arsitektur *Vision Transformer* dan CNN mampu meningkatkan efektivitas klasifikasi multi-label pada citra X-Ray *Tuberkulosis*[8]. Penelitian tersebut membuktikan bahwa pendekatan *Transformer* memiliki kemampuan yang baik dalam menangani kompleksitas pola visual pada citra medis, khususnya pada kasus *Tuberkulosis* yang sering kali memiliki karakteristik kelainan yang sulit dikenali secara manual.

<-----Awal Revisi----->

Meskipun berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan *deep learning* mampu meningkatkan performa klasifikasi citra medis, proses diagnosis *Tuberkulosis* masih menghadapi berbagai tantangan. Interpretasi citra *Chest X-Ray* memerlukan pengalaman dan keahlian radiolog untuk membedakan karakteristik *Tuberkulosis* dengan penyakit paru lainnya yang memiliki pola visual serupa. Di sisi lain, keterbatasan jumlah tenaga radiologi serta tingginya jumlah pasien dapat menyebabkan proses diagnosis menjadi lebih lama dan berpotensi menimbulkan variasi hasil interpretasi. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya sistem pendukung diagnosis yang mampu membantu tenaga medis dalam melakukan skrining awal

secara cepat, konsisten, dan objektif.

Selain itu, perkembangan metode *deep learning* dalam bidang computer vision membuka peluang untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)*, yang memiliki keterbatasan dalam menangkap hubungan global antarbagian citra. Oleh karena itu, penelitian ini memilih *Swin Transformer* karena memiliki mekanisme *shifted window self-attention* yang mampu mempelajari informasi lokal dan global secara lebih efektif, sehingga diharapkan dapat meningkatkan performa klasifikasi citra *Chest X-Ray* pada kasus Tuberkulosis.

<-----Akhir Revisi ----->

Berdasarkan permasalahan tersebut, topik ini dipilih karena memiliki relevansi yang tinggi terhadap kebutuhan pengembangan teknologi kesehatan, khususnya dalam mendukung proses deteksi dini Tuberkulosis melalui pemanfaatan kecerdasan buatan. Selain memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode klasifikasi citra medis, penelitian ini juga menjadi implementasi penerapan teknologi *Artificial Intelligence* untuk mendukung pengambilan keputusan klinis secara lebih efisien.

Selain itu kegiatan PRO-STEP *Road To Champion* juga menjadi salah satu wadah pengembangan kompetensi mahasiswa dalam bidang riset dan inovasi teknologi berbasis AI. Melalui kegiatan ini, peserta didorong untuk mengembangkan solusi inovatif yang dapat memberikan dampak nyata terhadap permasalahan di masyarakat. Pada kegiatan PRO-STEP *Road To Champion*, penelitian yang dilakukan berfokus pada pengembangan model klasifikasi citra *X-Ray* menggunakan metode *Swin Transformer* untuk membantu proses identifikasi penyakit *Tuberkulosis* secara otomatis.

Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari pengumpulan dataset citra *X-Ray*, *preprocessing data*, *training model*, hingga evaluasi performa klasifikasi menggunakan *metrik accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Selain berfokus pada pengembangan model AI, kegiatan ini juga

memberikan pengalaman dalam penyusunan penelitian ilmiah, implementasi teknologi *deep learning*, serta pengembangan kemampuan presentasi dan kompetisi akademik.

Melalui penelitian ini, diharapkan metode *Swin Transformer* mampu memberikan performa klasifikasi citra X-Ray yang optimal sehingga dapat membantu proses deteksi dini *Tuberkulosis* secara lebih cepat dan efisien. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi kontribusi dalam pengembangan teknologi AI di bidang kesehatan sekaligus menjadi implementasi nyata pembelajaran berbasis proyek melalui kegiatan PRO-STEP *Road To Champion*.

Dengan pendekatan yang komprehensif ini, laporan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan teknologi skrining TB yang otomatis, terjangkau, dan akurat, sejalan dengan visi transformasi teknologi kesehatan di Indonesia.

1.2 Maksud dan Tujuan PRO-STEP : Road to Champion Program

Program PRO-STEP: *Road to Champion* bertujuan untuk memberikan wadah bagi mahasiswa Universitas Multimedia Nusantara dalam mengembangkan kompetensi profesional, kemampuan berpikir kritis, serta semangat kompetitif melalui kegiatan berbasis proyek dan kompetisi nasional. Dalam konteks ini, penulis mengikuti ajang JOMMASH UNY

1.2.1 Maksud

Program PRO-STEP: *Road to Champion* memiliki maksud sebagai sarana pengembangan kompetensi mahasiswa Universitas Multimedia Nusantara melalui kegiatan berbasis proyek, penelitian, inovasi, dan kompetisi akademik. Program ini dirancang untuk memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih aplikatif sehingga mahasiswa tidak hanya memahami teori yang diperoleh selama proses perkuliahan, tetapi juga mampu mengimplementasikan pengetahuan tersebut ke dalam penyelesaian permasalahan nyata. Melalui pendekatan tersebut, mahasiswa diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, analitis, kreatif, serta mampu

beradaptasi terhadap perkembangan teknologi dan kebutuhan industri yang terus berkembang.

Selain sebagai wadah pengembangan kemampuan akademik, PRO-STEP: *Road to Champion* juga memiliki maksud untuk membentuk karakter mahasiswa yang aktif, kompetitif, dan inovatif. Dalam era transformasi digital saat ini, mahasiswa dituntut untuk memiliki kemampuan yang tidak hanya berfokus pada aspek akademik semata, tetapi juga kemampuan komunikasi, kolaborasi, pemecahan masalah, serta kemampuan bekerja dalam tim. Oleh karena itu, program ini menjadi salah satu media yang mendukung mahasiswa dalam mengembangkan kemampuan profesional melalui pengalaman langsung dalam kegiatan penelitian dan kompetisi.

Program ini juga dimaksudkan untuk meningkatkan budaya riset dan inovasi di lingkungan mahasiswa Universitas Multimedia Nusantara. Melalui keterlibatan dalam kompetisi akademik dan penelitian ilmiah, mahasiswa memperoleh kesempatan untuk mengembangkan ide, melakukan eksplorasi teknologi, serta menghasilkan solusi inovatif yang memiliki manfaat bagi masyarakat. Dengan demikian, mahasiswa tidak hanya berperan sebagai peserta pembelajaran di dalam kelas, tetapi juga sebagai individu yang mampu menghasilkan kontribusi nyata terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Dalam konteks pelaksanaan kegiatan ini, para mahasiswa yang mengikuti kompetisi *Journal of Medical Science and Sports Health* (JoMaSSH) yang diselenggarakan oleh Universitas Negeri Yogyakarta dengan mengangkat penelitian mengenai klasifikasi citra X-Ray menggunakan metode *Swin Transformer*. Kegiatan tersebut dimaksudkan sebagai bentuk implementasi ilmu pengetahuan di bidang *Artificial Intelligence* dan *deep learning* dalam mendukung proses identifikasi penyakit *Tuberkulosis* secara otomatis. Selain itu, kegiatan ini juga menjadi sarana bagi mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan penelitian, penyusunan artikel ilmiah, analisis data, serta kemampuan presentasi akademik.

Melalui program PRO-STEP: Road to Champion, Diharapkan para peserta mampu memperoleh pengalaman pembelajaran yang lebih luas dan mendalam dibandingkan proses pembelajaran konvensional di dalam kelas. Pengalaman tersebut mencakup proses pengembangan penelitian, implementasi teknologi, kerja sama tim, hingga penyampaian hasil penelitian kepada pihak akademik maupun profesional. Dengan demikian, program ini memiliki maksud untuk menciptakan mahasiswa yang tidak hanya unggul secara akademik, tetapi juga memiliki kesiapan dalam menghadapi tantangan dunia kerja dan perkembangan teknologi di masa depan.

1.2.2 Tujuan Program

Program PRO-STEP: *Road to Champion* memiliki tujuan utama untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa Universitas Multimedia Nusantara melalui kegiatan berbasis proyek, penelitian, dan kompetisi akademik yang relevan dengan perkembangan dunia industri dan teknologi saat ini. Program ini bertujuan untuk memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih aplikatif sehingga mahasiswa dapat mengembangkan kemampuan teknis maupun non-teknis secara lebih optimal. Dengan adanya program ini, mahasiswa diharapkan mampu mengimplementasikan ilmu pengetahuan yang diperoleh selama proses perkuliahan ke dalam bentuk penelitian, inovasi, dan solusi nyata terhadap berbagai permasalahan di masyarakat.

Selain itu, program ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan analitis mahasiswa dalam menyelesaikan suatu permasalahan secara sistematis. Dalam pelaksanaan kegiatan kompetisi dan penelitian, mahasiswa dituntut untuk mampu mengidentifikasi masalah, melakukan analisis kebutuhan, menentukan metode yang tepat, serta mengevaluasi hasil yang diperoleh. Proses tersebut secara tidak langsung membantu mahasiswa dalam mengembangkan kemampuan problem solving yang sangat dibutuhkan dalam dunia profesional maupun akademik.

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui program ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis performa antara model *Swin Transformer*, *DeiT* dan *CNN* dalam melakukan klasifikasi *Chest X-Ray* untuk deteksi Tuberkulosis.
2. Mengoptimalkan arsitektur *Deep Learning* guna mencapai standar akurasi, presisi, dan *recall* untuk meminimalkan risiko kesalahan diagnosis (*false negative*).
3. Mengimplementasikan teknik *Explainable AI* (Grad-CAM) sebagai instrumen transparansi medis untuk membantu ahli radiologi dalam proses verifikasi diagnosis.

Menghasilkan luaran berupa artikel ilmiah berkualitas yang memenuhi standar publikasi jurnal nasional/internasional serta membawa prestasi bagi institusi di ajang JoMaSSH UNY.



1.3 Deskripsi Waktu dan Prosedur Dalam PRO-STEP : Road To Champion Program

Program PRO-STEP ini dilaksanakan dalam rentang waktu terstruktur mulai dari tahap persiapan hingga tahap pelaporan hasil akhir. Rincian lini masa kegiatan adalah sebagai berikut:

Table 1.1 Gannt Chart

Pekerjaan dan Tugas	Februari 2026	Maret 2026				April 2026				Mei 2026				Juni 2026			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pre Kompetisi																	
Pendaftaran Pro-STEP																	
Meeting dengan anggota dan Kordinator Pro-STEP																	
Pembagian Kelompok																	
Penentuan Lomba yang akan diikuti																	
Kompetisi																	
Bimbingan penentuan judul dan masalah yang akan diteliti																	

Meeting dengan <i>supervisor</i> mengenai Projek yang akan dibuat																	
Pembagian tugas																	
Membuat Model Transformer (swin)																	
Bimbingan dengan <i>supervisor</i> mengenai hasil dan masalah yang ditemui dalam tahap pemodelan																	
Melakukan pemodelan ulang																	
Melakukan downsampling pada dataset																	
Membuat Grad-CAM untuk <i>Explainable AI</i>																	
Penulisan jurnal untuk lomba																	
Melakukan Revisi Jurnal																	
Melakukan pengumpulan jurnal dan Registrasi lomba																	

Pra Kompetisi																	
Melakukan evaluasi dengan <i>supervisor</i>																	
Melakukan pengembangan model																	
Melakukan pemodelan ulang dengan dataset lain																	

Sumber: Olahan Sendiri

1.3.1 Pre-Kompetisi

Pada Tabel 1.1. tahap pra kompetisi dilaksanakan pada bulan Februari 2026 dan berfokus pada proses persiapan awal program PRO-STEP serta perencanaan penelitian yang akan dikembangkan. Pada tahap ini, kegiatan diawali dengan proses pendaftaran program PRO-STEP sebagai bentuk administrasi awal untuk mengikuti kegiatan pengembangan kompetensi berbasis kompetisi dan penelitian. Setelah proses pendaftaran selesai dilakukan, para peserta PRO-STEP mengikuti kegiatan *meeting* bersama koordinator PRO-STEP guna membahas mekanisme pelaksanaan program, pembagian alur kegiatan, serta target luaran yang harus dicapai selama program berlangsung.

Selanjutnya, dilakukan proses pembagian kelompok sebagai langkah awal dalam membentuk tim penelitian yang akan bekerja sama selama pelaksanaan kompetisi. Setelah kelompok terbentuk, tim melakukan diskusi untuk menentukan jenis lomba yang akan diikuti sesuai dengan bidang penelitian dan kompetensi yang dimiliki. Dalam proses tersebut, diputuskan bahwa tim akan mengikuti kompetisi *Journal of Medical Science and Sports Health* (JoMaSSH) dengan fokus penelitian pada implementasi *Artificial Intelligence* dalam bidang kesehatan.

Tahap pra kompetisi menjadi bagian penting dalam keseluruhan proses penelitian karena pada tahap ini dilakukan perencanaan awal yang menentukan arah pengembangan proyek. Selain itu, tahap ini juga membantu para peserta dalam memahami alur program PRO-STEP serta menyusun strategi penelitian yang akan dilaksanakan pada tahap berikutnya.

1.3.2 Kompetisi

Pada Tabel 1.1. ditulis bahwa tahap kompetisi dilaksanakan selama bulan Maret hingga April 2026 dan menjadi tahap utama dalam proses pengembangan penelitian serta persiapan kompetisi JoMaSSH. Pada tahap ini, kegiatan diawali dengan bimbingan bersama *supervisor* terkait penentuan judul penelitian dan identifikasi permasalahan yang akan diteliti. Proses bimbingan dilakukan untuk memastikan bahwa topik penelitian yang dipilih memiliki relevansi dengan

perkembangan teknologi dan memiliki kontribusi terhadap penyelesaian masalah di bidang kesehatan.

Setelah penentuan topik penelitian selesai dilakukan, tim melaksanakan *meeting* bersama *supervisor* untuk membahas rancangan proyek yang akan dibuat, termasuk metode penelitian, kebutuhan dataset, serta strategi implementasi model. Dalam penelitian ini, metode Swin Transformer dipilih sebagai model utama dalam proses klasifikasi citra X-Ray karena memiliki kemampuan yang baik dalam memahami fitur visual secara lokal dan global.

Tahap berikutnya adalah proses implementasi model Swin Transformer menggunakan *framework deep learning* seperti *PyTorch* dan *TensorFlow*. Pada tahap ini dilakukan proses *preprocessing dataset*, *training model*, pengujian sistem, serta evaluasi performa klasifikasi. Selama proses pengembangan berlangsung, anggota tim juga melakukan beberapa eksperimen untuk meningkatkan performa model, termasuk melakukan pemodelan ulang dan proses *down sampling* pada dataset agar distribusi data menjadi lebih seimbang.

Selain pengembangan model, tahap kompetisi juga mencakup implementasi metode *Explainable Artificial Intelligence* menggunakan Grad-CAM (*Gradient-weighted Class Activation Mapping*). Penggunaan Grad-CAM bertujuan untuk memvisualisasikan area citra yang menjadi fokus perhatian model selama proses klasifikasi berlangsung. Visualisasi tersebut membantu meningkatkan interpretabilitas model sehingga hasil prediksi dapat dianalisis secara lebih mendalam[9].

Setelah proses eksperimen selesai dilakukan, penulis melanjutkan kegiatan pada tahap penulisan jurnal ilmiah sebagai syarat utama kompetisi JoMaSSH. Artikel ilmiah disusun sesuai format yang telah ditentukan oleh panitia dan mencakup bagian pendahuluan, metodologi penelitian, hasil eksperimen, pembahasan, serta kesimpulan penelitian. Selanjutnya dilakukan proses revisi jurnal berdasarkan hasil evaluasi internal dan masukan dari *supervisor* sebelum

akhirnya dilakukan pengumpulan jurnal dan registrasi lomba kepada pihak penyelenggara kompetisi.

Tahap kompetisi menjadi bagian paling penting dalam pelaksanaan program PRO-STEP karena seluruh proses penelitian, pengembangan teknologi, dan penyusunan karya ilmiah dilakukan pada tahap ini. Selain meningkatkan kemampuan teknis dalam bidang *Artificial Intelligence* dan *deep learning*, tahap ini juga memberikan pengalaman dalam manajemen proyek, kerja sama tim, dan komunikasi akademik.

1.3.3 Pra-Kompetisi

Ditulis pada Pada Tabel 1.1. tahap pasca kompetisi dilaksanakan pada akhir bulan April hingga Mei 2026 dan berfokus pada proses evaluasi serta pengembangan lanjutan terhadap penelitian yang telah dilakukan. Pada tahap ini, penulis melakukan evaluasi bersama *supervisor* terhadap hasil penelitian, performa model, kualitas artikel ilmiah, serta keseluruhan proses pelaksanaan kompetisi. Evaluasi dilakukan untuk mengidentifikasi kekurangan dan potensi pengembangan penelitian di masa mendatang.

Selain evaluasi, tahap pasca kompetisi juga mencakup proses pengembangan model lanjutan berdasarkan hasil eksperimen sebelumnya. Penulis melakukan beberapa percobaan tambahan guna meningkatkan performa klasifikasi model serta menguji kemampuan model menggunakan dataset lain untuk mengetahui tingkat generalisasi sistem yang telah dikembangkan.

Tahap ini juga menjadi sarana refleksi terhadap pengalaman pembelajaran yang diperoleh selama mengikuti program PRO-STEP dan kompetisi JoMaSSH. Melalui keseluruhan rangkaian kegiatan tersebut, penulis memperoleh pengalaman dalam melakukan penelitian berbasis *Artificial Intelligence* mulai dari tahap perencanaan, implementasi model, evaluasi hasil, hingga penyusunan karya ilmiah dan presentasi akademik. Pengalaman tersebut menjadi bagian penting dalam mendukung pengembangan kompetensi akademik maupun profesional penulis, khususnya pada bidang *deep learning* dan pengolahan citra medis berbasis kecerdasan buatan.