

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan global dalam dua dekade terakhir menunjukkan bahwa dunia sedang mengalami revolusi besar dalam bidang ilmu pengetahuan, teknologi, dan industri. Transformasi ini dikenal sebagai Revolusi Industri 4.0, suatu era yang ditandai dengan integrasi antara dunia fisik, digital, dan biologis melalui pemanfaatan teknologi seperti *Artificial Intelligence (AI)*, *Internet of Things (IoT)*, *big data*, *cloud computing*, dan *cyber-physical systems* (Schwab, 2018). Dampak revolusi ini tidak hanya terjadi di sektor industri, tetapi juga menembus dunia pendidikan, terutama pendidikan vokasi yang secara langsung menyiapkan tenaga kerja terampil untuk dunia industri.

Memasuki era Society 5.0 yang diperkenalkan oleh pemerintah Jepang pada tahun 2019, manusia diharapkan mampu hidup berdampingan dengan teknologi cerdas untuk menciptakan kesejahteraan sosial yang berkelanjutan (Keidanren, 2018). Society 5.0 memandang teknologi digital bukan sekadar alat produksi, melainkan bagian dari sistem kehidupan yang harus diarahkan untuk kemaslahatan manusia. Dalam konteks pendidikan, konsep ini menegaskan perlunya pendekatan pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada keterampilan teknis, tetapi juga pada pengembangan nilai-nilai humanistik, kreativitas, dan kemampuan berpikir kritis.

Organisasi internasional seperti UNESCO dan OECD menegaskan bahwa perubahan struktur kerja global telah menciptakan kebutuhan akan keterampilan baru yang berbeda dari dekade sebelumnya. OECD (2021) melaporkan bahwa AI readiness dan computational thinking kini menjadi kompetensi dasar yang harus dimiliki lulusan pendidikan vokasi agar dapat beradaptasi dengan dunia kerja berbasis digital. Selaras dengan itu, UNESCO dalam *Transforming Technical and Vocational Education and Training (TVET) Report* (2022) menggarisbawahi bahwa pendidikan vokasi memiliki peran strategis dalam memastikan tenaga kerja siap

menghadapi perubahan ekonomi global, dengan menekankan pentingnya transformasi digital dalam proses pembelajaran. World Economic Forum (2023) melalui *The Future of Jobs Report 2023* menyebutkan bahwa 44% dari seluruh keterampilan kerja saat ini akan mengalami perubahan signifikan dalam lima tahun mendatang, dengan peningkatan kebutuhan terhadap kemampuan analitis, berpikir kritis, kreativitas, dan literasi teknologi. Laporan tersebut menekankan bahwa tenaga kerja masa depan harus siap beradaptasi dengan lingkungan kerja yang semakin terdigitalisasi dan terotomatisasi. Oleh karena itu, sistem pendidikan, khususnya pendidikan vokasi, harus bertransformasi untuk menyiapkan lulusan yang memiliki *digital skills* dan *lifelong learning capability*.

Beberapa negara telah menunjukkan kemajuan signifikan dalam merespons tantangan global ini. Misalnya, Jerman melalui sistem *Dual Vocational Education and Training (Dual VET)* berhasil mengintegrasikan pengalaman industri nyata dengan pembelajaran berbasis simulasi digital di sekolah (OECD, 2023). Korea Selatan mengembangkan *Smart Training System* yang memungkinkan siswa berlatih dalam lingkungan virtual reality untuk berbagai bidang kejuruan (Asian Development Bank, 2022). Negara lain seperti Finlandia dan Singapura juga memanfaatkan virtual lab dan immersive learning dalam sistem pendidikan vokasi untuk meningkatkan keterampilan teknis siswa secara adaptif terhadap kebutuhan industri digital.

Konteks global tersebut sejalan dengan arah kebijakan pendidikan nasional Indonesia yang tengah melaksanakan Program Revitalisasi Pendidikan Vokasi dan Pelatihan Vokasional Nasional. Pemerintah menekankan konsep *link and match* antara satuan pendidikan vokasi dan dunia industri, serta mendorong penerapan pembelajaran berbasis teknologi digital (Kemdikbudristek, 2023). Melalui kebijakan SMK Pusat Keunggulan, misalnya, Kemdikbudristek menargetkan agar setiap SMK dapat mengembangkan ekosistem pembelajaran inovatif berbasis digitalisasi dan praktik industri yang relevan (Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, 2023). Pemerintah menekankan konsep *link and match* antara satuan pendidikan vokasi dan dunia industri, serta mendorong penerapan pembelajaran berbasis teknologi digital. Melalui kebijakan SMK Pusat Keunggulan, misalnya,

Kemdikbudristek (2023) menargetkan agar setiap SMK dapat mengembangkan ekosistem pembelajaran inovatif berbasis digitalisasi dan praktik industri yang relevan.

Dengan demikian, secara global maupun nasional, pendidikan vokasi berada pada fase krusial untuk melakukan transformasi. Dunia kerja yang semakin terdigitalisasi menuntut sistem pembelajaran yang tidak hanya mengajarkan keterampilan teknis, tetapi juga mengembangkan kapasitas berpikir kritis, kolaboratif, dan adaptif terhadap teknologi. Perubahan paradigma ini menegaskan pentingnya pengembangan model pembelajaran vokasional yang berorientasi pada integrasi teknologi digital, simulasi, dan pendekatan humanistik, sebuah arah baru yang selaras dengan tuntutan abad ke-21 dan kebijakan pendidikan vokasi di Indonesia. Pendidikan vokasi memiliki peran strategis dalam pembangunan sumber daya manusia (SDM) Indonesia yang berdaya saing dan siap menghadapi era Revolusi Industri 4.0. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden Nomor 68 Tahun 2022 tentang Revitalisasi Pendidikan dan Pelatihan Vokasi serta Pendidikan Tinggi Vokasi menegaskan bahwa pendidikan vokasi, termasuk Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), merupakan pilar utama dalam menyiapkan tenaga kerja terampil yang relevan dengan kebutuhan dunia industri dan dunia kerja (DUDI). Kebijakan ini menjadi dasar transformasi pendidikan vokasi nasional menuju sistem yang lebih adaptif, fleksibel, dan berbasis teknologi digital.

Berdasarkan Data Pokok Pendidikan (Dapodik) Kemdikbudristek tahun 2024, terdapat lebih dari 14.273 SMK yang tersebar di seluruh Indonesia, dengan sekitar 3.012 program keahlian di bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Program keahlian ini meliputi jurusan Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ), Rekayasa Perangkat Lunak (RPL), Teknik Jaringan Akses Telekomunikasi (TJAT), dan Sistem Informasi Jaringan dan Aplikasi (SIJA). Namun, di balik jumlah yang besar tersebut, masih terjadi ketimpangan fasilitas antarwilayah yang signifikan. Berdasarkan laporan Badan Pusat Statistik (BPS, 2024), hanya sekitar 42% SMK di Indonesia yang memiliki laboratorium komputer dan jaringan dengan standar industri. Kesenjangan ini berdampak langsung terhadap mutu proses pembelajaran, khususnya pada mata pelajaran berbasis praktik seperti Administrasi Infrastruktur

Jaringan (AIJ), Teknologi Layanan Jaringan (TLJ), dan Keamanan Jaringan. Sebagian besar SMK, terutama yang berada di daerah, masih bergantung pada pembelajaran demonstratif oleh guru dan penggunaan perangkat simulasi sederhana. Akibatnya, penguasaan kompetensi praktik siswa belum optimal, terutama dalam aspek konfigurasi jaringan, troubleshooting, dan implementasi sistem jaringan berbasis server.

Hasil laporan Pusat Asesmen dan Pembelajaran (Pusmendik) Kemendikbudristek tahun 2023 menunjukkan bahwa hanya sekitar 55% lulusan SMK bidang jaringan komputer yang dinyatakan memenuhi standar kompetensi kerja nasional (SKKNI) bidang TIK. Persentase tersebut menunjukkan masih adanya kesenjangan antara kompetensi yang diajarkan di sekolah dengan kompetensi yang dibutuhkan industri. Beberapa penyebab utama yang diidentifikasi meliputi keterbatasan fasilitas laboratorium, kurangnya waktu praktik, serta minimnya penggunaan teknologi pembelajaran berbasis simulasi dan virtual lab. Selanjutnya, hasil kajian Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP, 2023) menunjukkan bahwa hanya 55% lulusan SMK bidang TIK dinyatakan memenuhi standar kompetensi kerja nasional (SKKNI). Faktor utama penyebabnya adalah keterbatasan fasilitas laboratorium dan minimnya penerapan teknologi pembelajaran berbasis simulasi dan *virtual lab*. Data serupa ditemukan dalam laporan Pusat Data dan Teknologi Informasi (Pusdatin, 2022) yang menyebutkan bahwa hanya 38% SMK di Indonesia yang memiliki sistem pembelajaran berbasis *Learning Management System (LMS)*. Padahal, integrasi LMS dan virtual lab dapat menjadi solusi efektif untuk pembelajaran praktik berbasis simulasi, terutama pada mata pelajaran yang membutuhkan eksperimen digital seperti jaringan komputer.

Dalam konteks kebijakan nasional, Kemdikbudristek telah berupaya memperkuat pendidikan vokasi melalui program SMK Pusat Keunggulan (SMK-PK) yang diluncurkan pada tahun 2021 dan terus diperluas hingga 2024. Program ini menekankan pengembangan pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) dan penggunaan teknologi digital untuk praktik kejuruan (Kemdikbudristek, 2023). Namun, evaluasi terhadap pelaksanaan SMK-PK menunjukkan bahwa sebagian sekolah masih kesulitan menerapkan pembelajaran

berbasis digital karena keterbatasan kapasitas guru dan infrastruktur jaringan (Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, 2023). Fenomena tersebut menggambarkan adanya gap fenomena nasional, yakni antara tuntutan untuk mencetak sumber daya manusia (SDM) vokasional yang kompeten di era industri digital dengan keterbatasan fasilitas dan kesiapan ekosistem pembelajaran di sekolah. SMK di Indonesia dituntut menghasilkan lulusan yang siap menghadapi transformasi digital, tetapi sebagian besar belum memiliki sistem pembelajaran berbasis virtual yang memungkinkan siswa berlatih secara mandiri, fleksibel, dan kontekstual. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem pendidikan vokasi Indonesia telah berada pada arah transformasi menuju digitalisasi, tetapi masih menghadapi tantangan besar dalam implementasinya. Kondisi ini menegaskan urgensi perlunya pengembangan model pembelajaran inovatif berbasis digital yang mampu mengatasi keterbatasan sarana fisik dan sekaligus meningkatkan efektivitas pembelajaran praktik, khususnya pada bidang Teknik Komputer dan Jaringan.

Provinsi Sumatera Utara merupakan salah satu daerah dengan perkembangan signifikan di sektor pendidikan vokasi, terutama dalam bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara (2023), tercatat terdapat lebih dari 240 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) yang menyelenggarakan program keahlian di bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), meliputi kompetensi keahlian Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ), Rekayasa Perangkat Lunak (RPL), Teknik Jaringan Akses Telekomunikasi (TJAT), dan Sistem Informasi Jaringan dan Aplikasi (SIJA). Jumlah tersebut menunjukkan kontribusi besar pendidikan vokasi Sumatera Utara terhadap penyediaan tenaga kerja digital di wilayah Sumatera bagian utara. Namun, data tersebut belum sepenuhnya mencerminkan kesiapan satuan pendidikan dalam menghadapi transformasi digital pembelajaran. Berdasarkan hasil supervisi pembelajaran Disdik Sumut (2023) terhadap 120 SMK sampel di 14 kabupaten/kota, ditemukan bahwa sekitar 68% SMK belum memiliki laboratorium jaringan komputer yang memenuhi standar praktik minimal, baik dari sisi perangkat keras (router, switch, server) maupun perangkat lunak (simulasi jaringan seperti Cisco Packet Tracer atau GNS3). Kondisi ini menyebabkan proses pembelajaran

praktik, khususnya pada mata pelajaran Administrasi Infrastruktur Jaringan (AIJ), tidak dapat dilaksanakan secara optimal. Masalah tersebut juga tercermin dari capaian hasil belajar siswa. Berdasarkan Studi Evaluasi Dinas Pendidikan Sumatera Utara (2023), rerata nilai praktik siswa SMK bidang TIK untuk mata pelajaran AIJ hanya mencapai 68 dari skala 100, di bawah standar ketuntasan minimal (75). Hasil analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar konfigurasi server, pengelolaan IP address, dan manajemen jaringan berbasis sistem operasi server (Windows/Linux). Faktor utama penyebab rendahnya capaian tersebut adalah keterbatasan fasilitas praktik serta belum tersedianya lingkungan belajar digital yang mendukung simulasi interaktif jaringan komputer.

Kondisi ini juga diperkuat oleh data Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara (BPS Sumut, 2023) yang menunjukkan bahwa hanya 39% SMK di Sumatera Utara memiliki laboratorium TIK aktif yang digunakan secara rutin dalam pembelajaran. Sementara itu, 44% lainnya memiliki fasilitas laboratorium yang belum berfungsi optimal karena keterbatasan perawatan dan konektivitas jaringan internet. Dalam konteks infrastruktur pendidikan, ketimpangan ini memperlebar kesenjangan kualitas pembelajaran antarwilayah, terutama antara sekolah di perkotaan dan daerah pinggiran.

Fenomena yang lebih konkret dapat ditemukan di SMK Multikarya Medan, salah satu sekolah kejuruan swasta yang menjadi lokasi uji coba penelitian ini. Berdasarkan hasil observasi pendahuluan dan wawancara dengan guru produktif bidang TIK, diketahui bahwa pembelajaran pada mata pelajaran Administrasi Infrastruktur Jaringan (AIJ) masih dominan berlangsung secara teoretis dan berpusat pada guru (*teacher-centered*). Aktivitas pembelajaran praktik masih sangat terbatas karena jumlah perangkat jaringan yang tersedia tidak mencukupi untuk semua siswa. Dalam satu kelas berisi 30 peserta didik, hanya tersedia empat set perangkat jaringan (router, switch, dan server) dan laboratorium yang terbatas, sehingga kegiatan praktik harus dilakukan secara bergantian dan dalam waktu yang singkat. Hasil observasi tersebut juga menunjukkan bahwa sekitar 70% siswa mengalami kesulitan dalam memahami konfigurasi server dan manajemen jaringan

berbasis sistem virtual, terutama pada aspek implementasi Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) dan Domain Name System (DNS). Siswa cenderung mengandalkan demonstrasi guru tanpa kesempatan eksplorasi mandiri. Selain itu, pemanfaatan media pembelajaran berbasis digital masih terbatas pada penggunaan PowerPoint dan video tutorial; belum ada penerapan virtual lab yang terintegrasi dalam proses pembelajaran.

Dari hasil wawancara dengan guru AIJ di SMK Multikarya Medan, diketahui bahwa sebagian besar guru memahami potensi virtual simulation dalam pembelajaran jaringan, namun mengaku belum memiliki kompetensi teknis maupun model pedagogis yang tepat untuk mengintegrasikan simulasi digital ke dalam strategi pembelajaran. Akibatnya, pembelajaran menjadi bersifat satu arah, kurang interaktif, dan tidak memberi ruang bagi siswa untuk berlatih dan bereksperimen secara mandiri. Kondisi ini menggambarkan gap fenomena lokal yang signifikan: pembelajaran jaringan komputer di banyak SMK di Sumatera Utara masih didominasi oleh pendekatan konvensional, berpusat pada guru, dan belum memanfaatkan teknologi Virtual Lab secara sistematis. Padahal, keberadaan laboratorium virtual dapat menjadi solusi efektif untuk mengatasi keterbatasan perangkat fisik, sekaligus meningkatkan keterlibatan aktif dan kemandirian belajar siswa dalam memahami konsep jaringan komputer yang kompleks. Dengan demikian, kondisi empiris di Sumatera Utara menegaskan urgensi perlunya inovasi model pembelajaran berbasis digital yang dapat mengintegrasikan teknologi simulasi dengan pendekatan pedagogis yang terarah. Hal ini sekaligus menjadi dasar kuat bagi penelitian pengembangan model pembelajaran baru yang mampu menjawab kebutuhan praktik jaringan komputer di tengah keterbatasan fasilitas laboratorium fisik.

Kajian empiris tersebut sejalan dengan temuan sejumlah penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi Virtual Lab dalam pembelajaran jaringan komputer memiliki potensi besar untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan praktik peserta didik. Sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya, sejumlah studi internasional menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi *Virtual Lab* mampu meningkatkan keterlibatan belajar,

kemampuan pemecahan masalah, serta fleksibilitas siswa dalam pembelajaran vokasi (Almarabeh et al., 2021; Li & Wong, 2023; Hernandez-de-Menendez et al., 2022). Sementara itu, penelitian nasional oleh Fitriani et al. (2020) dan Kusnadi & Rahman (2021) membuktikan bahwa penggunaan *Virtual Lab* di SMK meningkatkan hasil belajar kognitif dan keterampilan teknis siswa. Penelitian-penelitian tersebut menegaskan bahwa virtual lab dapat menjadi alternatif efektif untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium fisik. Namun demikian, telaah literatur menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada efektivitas penggunaan teknologi virtual lab sebagai *media* atau *alat bantu pembelajaran*, bukan sebagai bagian dari suatu *model pembelajaran* yang terintegrasi secara pedagogis. Virtual lab umumnya diposisikan sebagai perangkat teknologi yang berdiri sendiri, tanpa dikaitkan secara sistematis dengan pendekatan desain pembelajaran, strategi interaksi belajar, maupun pengembangan dimensi afektif dan reflektif peserta didik.

Beberapa penelitian di tingkat nasional juga menunjukkan kecenderungan yang serupa. Studi oleh Fitriani et al. (2020), Dewi et al. (2022), dan Pratama et al. (2023) melaporkan bahwa penerapan virtual lab di SMK mampu meningkatkan hasil belajar kognitif siswa, tetapi belum secara eksplisit mengintegrasikan aspek konstruktivistik, reflektif, dan humanistik dalam desain pembelajarannya. Akibatnya, pembelajaran masih berorientasi pada pencapaian keterampilan teknis semata, tanpa memperhatikan pengembangan kesadaran belajar, nilai kolaborasi, dan pembentukan karakter siswa sebagai pembelajar vokasional di era digital. Dari sisi teoretik, kajian terhadap model-model pembelajaran digital yang berkembang saat ini menunjukkan adanya kesenjangan antara pendekatan teknologi dan pendekatan pedagogis. Model pembelajaran berbasis teknologi cenderung mengadopsi paradigma teknosentris, sementara teori pembelajaran seperti konstruktivisme, humanisme, dan experiential learning belum terintegrasi secara utuh dalam konteks pembelajaran vokasi berbasis virtual lab. Padahal, pendidikan vokasi menuntut keseimbangan antara penguasaan kompetensi teknis dan pengembangan aspek humanistik peserta didik, seperti kemandirian, tanggung jawab, dan kemampuan reflektif.

Selain itu, sebagian besar model pembelajaran digital yang dikembangkan dalam penelitian sebelumnya masih bersifat umum dan belum secara spesifik dirancang untuk konteks pembelajaran jaringan komputer di SMK. Variasi karakteristik peserta didik, kesiapan guru, keterbatasan sarana, serta tuntutan kurikulum vokasi menuntut adanya model pembelajaran yang kontekstual, adaptif, dan mudah diimplementasikan di lingkungan sekolah. Dengan demikian, ditemukan *gap teoretik*, yakni belum tersedianya model pembelajaran berbasis *Virtual Lab* yang dirancang secara khusus untuk pendidikan vokasi. Model yang ada belum memiliki landasan pedagogis yang kuat dan belum berorientasi pada pengembangan kompetensi serta nilai-nilai kemanusiaan.

Berdasarkan pemetaan literatur tersebut, dapat diidentifikasi adanya gap penelitian yang mencakup tiga aspek utama. Pertama, masih terbatasnya penelitian yang mengembangkan *Virtual Lab* sebagai bagian dari model pembelajaran terintegrasi, bukan sekadar sebagai media atau perangkat teknologi. Kedua, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan pendekatan konstruktivistik dan humanistik secara simultan dalam pembelajaran jaringan komputer berbasis *virtual lab* di SMK. Ketiga, minimnya penelitian pengembangan yang secara sistematis menguji kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas model pembelajaran *virtual lab* dalam konteks pendidikan vokasi Indonesia.

Merespon kesenjangan empiris dan teoretik tersebut, penelitian ini mengembangkan Model HAIDA *Virtual Lab Learning* sebagai solusi pembelajaran jaringan komputer di SMK melalui integrasi pendekatan konstruktivistik, humanistik, dan teknologi digital yang dikembangkan dan diuji menggunakan pendekatan *Research and Development*. Rancangan model HAIDA *Virtual Lab Learning* dikembangkan sebagai kerangka konseptual yang akan diuji melalui tahapan penelitian dan pengembangan yang sistematis. Pendekatan penelitian dan pengembangan dalam penelitian ini diadaptasi dari tahapan yang dikemukakan oleh Gall, Gall, dan Borg (2007) serta Plomp dan Nieveen (2013), yang mencakup analisis kebutuhan, perancangan model awal, validasi oleh ahli, uji coba terbatas, uji kepraktisan, dan uji efektivitas. Melalui prosedur yang sistematis ini, pengembangan model diharapkan menghasilkan rancangan pembelajaran yang

sesuai dengan kebutuhan nyata di lapangan, dapat diterapkan secara praktis oleh guru, dan memiliki dasar teoretis yang kuat.

Secara akademik, penelitian ini dapat berkontribusi dalam memperkaya teori desain pembelajaran digital pada konteks pendidikan vokasi melalui pengembangan model Model pembelajaran digital reflektif (*Reflective Digital Pedagogy*) yang mengintegrasikan virtual laboratory dengan prinsip konstruktivistik dan humanistik. Secara praktis, penelitian ini diharapkan menjadi alternatif solusi atas keterbatasan sarana laboratorium jaringan komputer di SMK, serta mendukung pembelajaran yang eksploratif, kolaboratif, dan reflektif, sekaligus memperkuat kapasitas guru dalam merancang pengalaman belajar berbasis digital yang kontekstual.

Selaras dengan perkembangan penelitian dan kebijakan internasional di bidang pendidikan vokasi, arah global *Technical and Vocational Education and Training* (TVET) saat ini menunjukkan pentingnya integrasi pedagogi digital reflektif. Perkembangan mutakhir menegaskan bahwa pendidikan vokasi tengah bergerak menuju sistem pembelajaran berbasis simulasi digital dan refleksi adaptif. UNESCO-UNEVOC dalam *Digital Transformation in Technical and Vocational Education and Training Report* (2023) menegaskan bahwa integrasi *virtual simulation*, *adaptive learning*, dan *human-centered digital pedagogy* menjadi strategi utama peningkatan mutu pendidikan vokasi abad ke-21. Pembelajaran tidak lagi sekadar berorientasi pada penggunaan teknologi, melainkan diarahkan untuk membangun pengalaman belajar reflektif yang memungkinkan peserta didik berpikir kritis, kolaboratif, dan adaptif terhadap perubahan teknologi industri (UNESCO-UNEVOC, 2023).

Selaras dengan hal tersebut, *World Economic Forum* melalui *The Future of Jobs Report* (2023) mengungkapkan bahwa lebih dari 57% keterampilan kerja vokasional akan mengalami transformasi signifikan akibat digitalisasi dan adopsi sistem pembelajaran berbasis simulasi. Laporan tersebut menekankan urgensi pengembangan model pembelajaran vokasi yang tidak hanya digital secara teknis, tetapi juga pedagogis dan humanistik (WEF, 2023). Oleh karena itu, pengembangan *Model HAIDA Virtual Lab Learning* menjadi sangat relevan dan kontekstual karena

menjawab kebutuhan nyata pendidikan vokasi untuk menghadirkan sistem pembelajaran reflektif–adaptif yang sejalan dengan arah *Global TVET 2025* dan dinamika dunia kerja digital.

Selain memiliki relevansi global, pengembangan *Model HAIDA Virtual Lab Learning* juga selaras dengan arah kebijakan nasional yang tertuang dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2025 tentang Penguatan Transformasi Digital dan Inovasi Pendidikan Vokasi. Peraturan ini menegaskan pentingnya integrasi teknologi digital dalam sistem pembelajaran vokasi melalui penerapan *virtual learning environment*, *smart simulation*, dan *adaptive digital pedagogy* sebagai bagian dari upaya peningkatan mutu sumber daya manusia berbasis keterampilan abad ke-21.

Dalam konteks tersebut, *Model HAIDA Virtual Lab Learning* hadir sebagai wujud konkret implementasi kebijakan nasional yang memadukan pendekatan HAIDA dengan lingkungan Virtual Laboratory. Model ini memungkinkan pelaksanaan pembelajaran yang reflektif, kolaboratif, dan kontekstual di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Dengan demikian, pengembangan model ini memiliki tidak hanya landasan teoretis dan empiris yang kuat, tetapi juga relevansi yuridis dan strategis dalam mendukung implementasi Perpres No. 79 Tahun 2025 sebagai kebijakan transformasi pendidikan vokasi nasional menuju ekosistem pembelajaran digital yang berkelanjutan dan inklusif.

Dengan dasar tersebut, penelitian ini tidak hanya berangkat dari kesenjangan empiris dan teoretis, tetapi juga dari kebutuhan nyata dunia pendidikan vokasi dalam menghadapi perubahan paradigma pembelajaran abad ke-21. Penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan model pembelajaran yang layak, praktis, dan efektif dalam mendukung pembelajaran jaringan komputer berbasis *Virtual Lab* di SMK, serta memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan teori dan praktik *Reflective Digital Pedagogy* di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang penelitian yang telah dipaparkan, dapat diidentifikasi sejumlah permasalahan yang berkaitan dengan pembelajaran jaringan komputer di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya pada kompetensi

keahlian Teknik Komputer dan Jaringan. Permasalahan-permasalahan tersebut muncul baik dari aspek empiris di lapangan maupun dari kajian teoretik terkait pembelajaran berbasis teknologi digital.

1. Pembelajaran jaringan komputer di SMK masih menghadapi keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium fisik. Banyak SMK belum memiliki perangkat jaringan yang memadai, baik dari segi jumlah maupun kualitas, sehingga proses pembelajaran praktik tidak dapat dilaksanakan secara optimal. Keterbatasan ini menyebabkan aktivitas praktik dilakukan secara bergantian, waktu praktik menjadi terbatas, dan tidak semua siswa memperoleh kesempatan belajar yang setara.
2. Proses pembelajaran jaringan komputer di SMK masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang berpusat pada guru. Pembelajaran praktik cenderung dilakukan melalui demonstrasi guru dan penugasan terbatas, sementara kesempatan bagi siswa untuk melakukan eksplorasi, eksperimen, dan pemecahan masalah secara mandiri masih relatif rendah. Kondisi ini berdampak pada rendahnya keterlibatan aktif dan kemandirian belajar siswa.
3. Pemanfaatan teknologi pembelajaran berbasis digital, khususnya Virtual Lab, di SMK belum terintegrasi secara sistematis dalam desain pembelajaran. Virtual lab, jika digunakan, masih diposisikan sebagai media pendukung semata dan belum menjadi bagian dari suatu model pembelajaran yang memiliki alur, strategi, dan tujuan pedagogis yang jelas.
4. Sebagian guru SMK belum memiliki model pembelajaran yang tepat untuk mengintegrasikan virtual lab dengan pendekatan pedagogis yang sesuai dengan karakteristik pembelajaran vokasi. Guru cenderung mengalami kesulitan dalam merancang pembelajaran berbasis virtual lab yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan keterampilan teknis, tetapi juga mampu mengembangkan aspek reflektif, kolaboratif, dan humanistik peserta didik.
5. Kajian literatur menunjukkan bahwa penelitian terkait virtual lab dalam pembelajaran jaringan komputer di SMK masih lebih banyak berfokus pada pengukuran hasil belajar kognitif dan keterampilan teknis, sementara pengembangan model pembelajaran terintegrasi yang menggabungkan

pendekatan konstruktivistik, humanistik, dan teknologi digital masih terbatas. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu dijembatani melalui pengembangan model pembelajaran yang kontekstual dan aplikatif.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah, mendalam, dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

Penelitian ini dilaksanakan dalam kerangka transformasi pendidikan vokasi digital yang sejalan dengan kebijakan nasional sebagaimana tercantum dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2025 tentang Penguatan Transformasi Digital dan Inovasi Pendidikan Vokasi. Namun demikian, fokus penelitian ini tidak membahas kebijakan tersebut secara langsung, melainkan mengimplementasikan prinsip-prinsip *pedagogi digital reflektif* yang terkandung di dalamnya melalui pengembangan Model HAIDA Virtual Lab Learning.

1. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan *Model HAIDA Virtual Lab Learning* sebagai model pembelajaran jaringan komputer di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).
2. Konteks pembelajaran dibatasi pada mata pelajaran Administrasi Infrastruktur Jaringan (AIJ) pada Program Keahlian Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ).
3. Subjek penelitian meliputi guru dan peserta didik SMK, dengan lokasi uji coba terbatas di SMK Multikarya Medan, yang dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2025–2026, pada pertemuan ke-1 sampai ke-6 sebelum Ujian Tengah Semester (UTS).
4. *Virtual Lab* yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada simulasi jaringan komputer berbasis perangkat lunak, seperti *Cisco Packet Tracer* atau perangkat lunak sejenis.
5. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan fokus pada uji kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas Model HAIDA Virtual Lab Learning.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat kelayakan Model HAIDA Virtual Lab Learning dalam pembelajaran jaringan komputer di SMK?
2. Bagaimana tingkat kepraktisan Model HAIDA Virtual Lab Learning dalam pembelajaran jaringan komputer di SMK?
3. Bagaimana tingkat efektivitas Model HAIDA Virtual Lab Learning dalam mendukung pembelajaran jaringan komputer di SMK?

1.5 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah dikemukakan, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan Model HAIDA Virtual Lab Learning untuk pembelajaran Administrasi Infrastruktur Jaringan di SMK.
2. Menganalisis kelayakan Model HAIDA Virtual Lab Learning berdasarkan hasil validasi ahli.
3. Menganalisis kepraktisan Model HAIDA Virtual Lab Learning berdasarkan respon guru dan peserta didik.
4. Menganalisis efektivitas Model HAIDA Virtual Lab Learning dalam mendukung proses pembelajaran Administrasi Infrastruktur Jaringan di SMK.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

a. Manfaat Teoretis

Secara teoretis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khazanah ilmu pengetahuan dalam bidang desain pembelajaran digital, khususnya pada konteks pendidikan vokasi. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori *Reflective Digital Pedagogy* melalui perancangan Model HAIDA Virtual Lab Learning, yang mengintegrasikan prinsip-prinsip konstruktivistik, humanistik, dan adaptif dalam lingkungan pembelajaran berbasis virtual laboratory. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan akademik bagi pengembangan model pembelajaran vokasional di era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0, serta sejalan dengan arah kebijakan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2025 tentang Penguatan Transformasi Digital dan Inovasi Pendidikan Vokasi.

b. Manfaat Praktis

1. Bagi guru SMK, penelitian ini memberikan alternatif model pembelajaran yang terstruktur dan aplikatif dalam merancang proses belajar jaringan komputer berbasis *Virtual Lab*. Melalui model HAIDA, guru dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran praktik serta memperkuat kemampuan reflektif dan kolaboratif siswa.
2. Bagi peserta didik, penerapan model ini diharapkan dapat menumbuhkan kemandirian, kreativitas, dan kemampuan berpikir kritis melalui pengalaman belajar reflektif-adaptif di lingkungan *Virtual Laboratory*.
3. Bagi sekolah dan pembuat kebijakan pendidikan vokasi, hasil penelitian ini dapat menjadi bukti empiris implementasi kebijakan transformasi digital pendidikan vokasi sebagaimana diamanatkan dalam Perpres No. 79 Tahun 2025, sekaligus mendukung upaya pemerintah dalam membangun ekosistem pembelajaran digital yang inklusif dan berkelanjutan.
4. Bagi peneliti selanjutnya, model HAIDA dapat dijadikan landasan konseptual maupun kerangka pengembangan dalam studi lanjutan mengenai penerapan *adaptive learning* dan *digital pedagogy* di bidang vokasional lainnya.