BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pentingnya peternakan dan perkebunan dalam mendukung ketahanan pangan dan ekonomi lokal semakin meningkat di era modern, dengan potensi untuk menciptakan lapangan kerja dan melestarikan sumber daya alam melalui pendekatan inovatif [1]. Di Desa Pete, Kecamatan Tigaraksa, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten, urgensi ini semakin terlihat dengan jumlah penduduk mencapai sekitar 12.468 jiwa berdasarkan data Sensus Penduduk 2010, di mana mayoritas masyarakat bergantung pada sektor pertanian dan peternakan sebagai sumber utama mata pencaharian [2]. Potensi wilayah ini termasuk budidaya angsa sebagai kearifan lokal yang mendukung ekonomi desa, dengan lahan pertanian yang mencapai ratusan hektar. Hal ini terkait dengan business understanding dalam kerangka *CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining)*, di mana pemahaman kebutuhan bisnis desa seperti peningkatan literasi digital dan efisiensi pendidikan menjadi dasar untuk mengembangkan solusi teknologi yang ringan dan terjangkau, guna mendukung eduwisata berbasis kearifan lokal tanpa membebani sumber daya terbatas.

Teknologi seperti kecerdasan buatan telah terbukti mampu meningkatkan produktivitas dan pengelolaan sumber daya agraris, seperti yang ditunjukkan oleh penelitian Prasetyo dkk. tentang pengembangan heritage Taman Sari Yogyakarta yang mengintegrasikan *chatbot* sejarah dan *augmented reality* untuk memperkaya pengalaman edukasi, dengan keberhasilannya bergantung pada kolaborasi literasi digital masyarakat; mereka menekankan bahwa komunitas lokal dapat menjadi agen literasi digital melalui pelatihan [3]. Inspirasi dari studi tersebut mendorong Desa Pete di Kecamatan Tigaraksa untuk mengintegrasikan teknologi digital dengan keterlibatan masyarakat agar terbentuk wisata edukatif yang kontekstual dan berkelanjutan, dengan mengajak anak-anak SD mengeksplorasi kebun, mengenal berbagai tanaman dan hewan, serta menarik wisatawan dari luar daerah untuk berziarah ke masjid dan sumur keramat Syekh Mubarok. Tantangannya adalah membuat konsep eduwisata di desa yang dikelilingi perkotaan.

Survei lapangan tim peneliti menegaskan keinginan pengelola desa agar siswa SD se-Tigaraksa dapat belajar di kebun, mengenal beragam tanaman dan hewan, serta melakukan praktik bercocok tanam. Permintaan pengelola desa untuk mengajak siswa belajar di kebun dan mengenal beragam tanaman serta hewan merupakan motivasi utama untuk mengembangkan soal *Higher-Order Thinking Skills (HOTS)* yang relevan dengan konteks lokal seperti budidaya angsa. Model eduwisata ini diharapkan memadukan pembelajaran sains, sejarah, dan kewirausahaan lokal, meskipun tantangan muncul karena desa ini dikelilingi permukiman urban sehingga tak memiliki objek alam spektakuler. Digitalisasi usaha memang mempermudah transaksi, tetapi pengelola dan guru sering kewalahan menghadapi teknologi baru [4]. Pelatihan Nomor Induk Berusaha (NIB) dan digital marketing oleh perguruan tinggi menunjukkan bahwa literasi digital masyarakat bisa ditingkatkan melalui pendampingan [5]. Eduwisata berbasis teknologi harus sederhana, adaptif, dan mampu menghubungkan materi lokal dengan kurikulum sekolah.

Kemajuan teknologi pembelajaran membuka peluang untuk mengatasi keterbatasan sumber daya teknologi (seperti akses internet rendah), manusia (keterampilan guru dalam teknologi), dan lingkungan (infrastruktur desa terbatas). Sistem *Automated Reading Enhancement System (ARES)*, sebuah *Intelligent Computer-Assisted Language Learning (ICALL)* berbasis web, memberi anotasi kosa kata dan konstruk bahasa, memungkinkan siswa menjelajah teks secara interaktif, serta secara otomatis menghasilkan pertanyaan pemahaman dan menilai jawaban [6]. Keunggulan digital environment seperti ARES adalah kemampuannya menyediakan umpan balik otomatis, tutoring cerdas, dan dukungan personal. Eksperimen satu minggu di sekolah dasar menunjukkan empat kerangka aktivitas: robot bertanya cerita, siswa membuat pertanyaan, guru mengontrol prompt, dan robot mengajarkan bahasa ibu [7]. Meskipun robot tidak selalu *feasible*, gagasan skenario interaktif dan kolaborasi guru memberikan inspirasi untuk generator soal HOTS berbasis web di Desa Pete. Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa buku teks sering kali kurang menantang siswa untuk menerapkan pengetahuan dalam konteks nyata, sementara integrasi video pembelajaran dari YouTube terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep, analisis masalah, serta keterlibatan belajar siswa melalui fitur interaktif seperti komentar dan live streaming [8].

Kajian tentang artikel gaya tanya-jawab mengungkap bahwa SLM dapat mengurangi beban penulis dengan menyusun pertanyaan dan jawaban awal, tetapi keterlibatan manusia tetap diperlukan agar konten sesuai niat *[9]*. Pendekatan *Question Answering (QA)* efektif untuk menjelaskan topik kompleks dan mendorong pemahaman mendalam [10]. Sistem QA yang baik harus memperhatikan keakuratan dan konteks, terutama di bidang pendidikan dan hukum. Dalam tinjauan sistem automatic QA, peneliti menekankan bahwa SLM dapat menghasilkan soal dari teks, video, dan gambar, dan penting adanya evaluasi untuk menghemat waktu guru [11]. *Chat-based search* memanfaatkan *retrieval-augmented generation* dan *Natural Language to SQL* untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pencarian [12]; teknologi ini relevan untuk mengambil informasi lokal tentang tumbuhan atau sejarah sebelum menghasilkan pertanyaan. Aplikasi *ePub-to-Quiz* menunjukkan bahwa buku ePub non-fiksi dapat dikonversi menjadi kuis pilihan ganda, dengan evaluasi 80 soal menunjukkan kekuatan *GPT-3.5 Turbo* dan *Gemini 1.5 Pro* [13]. Temuan ini menegaskan potensi SLM dalam personalisasi pembelajaran lintas mata pelajaran.

Review sistem *QA automatic* memperlihatkan keperluan adaptasi dan akurasi tinggi dalam menghasilkan pertanyaan multi-modal [11]. Platform *Edgeworth* mampu membuat variasi diagram untuk problem geometri, kimia, dan matematika dari satu gambar, sehingga mengurangi beban penulis soal dan mendapat umpan balik positif. Hanya dibutuhkan belasan baris kode untuk menghasilkan ratusan variasi diagram [14]. Di ranah pendidikan kedokteran, *Juvenotes real-time AI-driven pipeline* yang dirancang untuk konteks Kenya membuktikan bahwa transformasi dokumen akademik menjadi bank soal *real-time* dapat meningkatkan engagement mahasiswa hingga 40% dan mengurangi waktu pembuatan konten dari hari menjadi menit. Juvenotes menggunakan *microservices architecture*, *Optical Character Recognition*, dan *Large Language Model (LLM)* generasi untuk menghasilkan pertanyaan terstruktur serta menekankan desain UX adaptif untuk kondisi *bandwidth* rendah [15]. Temuan ini akan diaplikasikan dalam konteks desa wisata, dengan proses CRISP-DM membantu mengelola dan menilai kualitas soal HOTS yang dihasilkan dari transkrip lokal.

Pengembangan sistem generasi soal harus mempertimbangkan keberagaman peserta didik. Penelitian tentang *Deaf or Hard Hearing learners (DHH)* menekankan bahwa mereka membutuhkan pertanyaan personal berupa visual questions untuk menyorot bagian video yang berpotensi salah dipahami dan emotion questions untuk menandai momen sulit. Tantangan pembelajaran DHH meliputi ketergantungan pada visual, latar belakang bahasa yang beragam, dan bias dalam sistem AI yang mengakomodasi bahasa isyarat [16]. Selain itu, bias generatif dapat menghasilkan stereotip sempit sehingga desain sistem harus inklusif. *Edgeworth* menambahkan dimensi visual; dengan *domain-agnostic design* mereka, variasi diagram dihasilkan otomatis sehingga guru dapat menyusun berbagai jenis soal visual tanpa upaya besar [14]. Kombinasi pendekatan personal dan visual ini penting agar generator soal HOTS di eduwisata dapat menyesuaikan diri dengan kebutuhan siswa.

Pengembangan generator soal yang berkualitas harus melibatkan evaluasi oleh pakar. Studi *Advancing AI in Higher Education* membandingkan tiga agen LLM *VectorRAG, VectorGraphRAG,* dan *fine-tuned LLM* dan menekankan bahwa evaluasi keselarasan soal terhadap tujuan pembelajaran harus dilakukan oleh dosen atau pakar domain. Framework mereka memuat tiga tugas: evaluasi soal, perbaikan, dan generasi baru untuk menjamin keadilan dan relevansi [17]. Penelitian RoboBuddy merancang empat skema kolaboratif (storytelling, pertanyaan siswa, kontrol prompt guru, dan pengajaran bahasa) sehingga guru bisa terlibat aktif dalam proses pembelajaran [7]. Evaluasi sistem seperti Juvenotes di Kenya juga menyoroti tantangan teknis misalnya koneksi internet terputus, gangguan listrik, dan kesalahan AI sehingga perlu sinkronisasi offline dan validasi manusia [15]. Menggunakan CRISP-DM, sistem yang dikembangkan untuk Desa Pete juga akan melibatkan guru untuk memvalidasi dan memperbaiki soal yang dihasilkan sebelum digunakan dalam pembelajaran.

Sistem eduwisata perlu mengintegrasikan pencarian informasi lokal, generasi pertanyaan, serta analitik belajar. *FAQ-Gen* menunjukkan pipeline pembuatan pertanyaan domain-spesifik: identifikasi domain, generasi pertanyaan dari teks, pencarian kata kunci jawaban, pengembangan jawaban, dan pemeringkatan [18]. *Chat-based search* memanfaatkan *retrieval-augmented generation* untuk membuat pencarian lebih efisien [12], dan metode ini dapat digunakan untuk menggali data tentang tumbuhan atau sejarah Syekh Mubarok. Sistem *teacher analytics VidAAS* memakai *GPT-4 Vision* untuk menganalisis video kelas dan memberi umpan balik bagi guru *[19]*, sedangkan kajian tentang *conversational AI* menunjukkan masih minimnya penelitian integrasi AI dalam pendidikan formal [20]. Pelajaran dari Juvenotes adalah pentingnya adaptasi UX untuk kondisi *low-resource, human-in-the-loop validation*, dan dukungan institusional jangka panjang [21]. Melalui penggabungan modul-modul ini, generator soal HOTS dapat menyediakan pertanyaan berbasis konteks lokal, melacak interaksi peserta didik, dan memberi wawasan kepada guru, sehingga eduwisata Desa Pete berkembang menjadi platform pembelajaran kolaboratif.

Dalam konteks state of the art, pemilihan dan perbandingan antara *GPT-2*, *ELECTRA-Small*, dan *ALBERT-base-v2* sebagai SLM didasarkan pada literatur terkini. Studi perbandingan menunjukkan bahwa *GPT-2* unggul dalam generasi teks koheren dengan parameter ringan, sementara *ELECTRA* efisien dalam training dengan diskriminasi token rusak untuk akurasi tinggi di *task downstream* [22]. Di bidang pendidikan, *BERT* (sebagai basis *ALBERT*) dan *GPT* dibandingkan untuk klasifikasi teks siswa, di mana *GPT* lebih baik dalam pemahaman konteks naratif, sedangkan *BERT/ALBERT* lebih ringan untuk perangkat terbatas [23]. Selain itu, analisis sociolectal menemukan bahwa model lebih besar seperti *GPT-2* lebih adil dalam representasi bahasa, sementara *ALBERT* mengurangi parameter tanpa kehilangan performa signifikan [24]. Penelitian lain menekankan bahwa *GPT-2 outperform* model domain-spesifik untuk generasi teks [25], dan survei SLM menyoroti efisiensi

ALBERT dalam aplikasi edukasi *low-resource* [26]. Perbandingan ini membenarkan pemilihan ketiga model untuk diuji dalam menghasilkan soal HOTS yang akurat dan efisien.

Oleh karena itu, penelitian ini akan merancang *Small Language Model* berbasis *GPT-2 Small, ELECTRA-Small,* dan *ALBERT-base-v2* untuk menghasilkan soal HOTS relevan dengan budidaya angsa di Desa Pete, dengan tujuan mengatasi keterbatasan akses teknologi, memudahkan guru dalam pembuatan soal otomatis, dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui eduwisata berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang di atas, penelitian ini merumuskan tiga masalah yang akan menjadi fokus kajian.

1. Bagaimana merancang generator soal *Higher Order Thinking Skills* berbasis SLM yang sesuai dengan anak SD di Desa Pete?
2. Bagaimana mengevaluasi kualitas soal HOTS yang dihasilkan oleh generator berbasis SLM serta penerimaan guru terhadap soal tersebut?
3. Bagaimana meningkatkan performa *Small Language Model* dengan fine-tuning pada transkrip video untuk soal HOTS yang akurat di Desa Pete?

1.3 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini untuk menjaga fokus dan kejelasan ruang lingkup.

1. Penelitian ini hanya akan berfokus pada pengembangan generator soal HOTS untuk siswa SD kelas 3 sampai 6 yang berkunjung ke Desa Pete, dengan materi yang terkait dengan fauna, khususnya angsa sebagai fauna utama yang dibahas.
2. Sistem yang dikembangkan hanya menggunakan Small Language Model untuk menghasilkan soal-soal dalam bahasa Indonesia tanpa penerapan tingkat kesulitan seperti mudah, sedang, atau sulit.
3. Pengujian sistem dibatasi pada lingkungan desa wisata Pete dan hanya mencakup hewan spesifik, yaitu angsa, tanpa melibatkan spesies lain di luar konteks peternakan tersebut.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan generator soal *Higher Order Thinking Skills* berbasis SLM yang sesuai dengan materi yang dipelajari anak SD setelah mengikuti wisata edukasi di Desa Pete.
2. Mengevaluasi efektivitas generator soal HOTS berbasis SLM dalam meningkatkan pemahaman dan kemampuan berpikir kritis anak-anak SD yang telah belajar di lapangan.
3. Meningkatkan performa *Small Language Model* dengan fine-tuning pada transkrip video untuk menghasilkan soal HOTS yang akurat di Desa Pete.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini meliputi:

1. Meningkatkan pembelajaran anak SD melalui soal *Higher Order Thinking Skills* yang dihasilkan otomatis oleh generator berbasis Small Language Model sesuai dengan materi wisata edukasi di Desa Pete.
2. Memberikan dampak positif bagi anak SD dengan generator otomatis yang menghemat waktu guru, memungkinkan evaluasi efektivitas dalam meningkatkan pemahaman dan berpikir kritis.
3. Mendukung pengelola desa wisata dengan peningkatan performa SLM melalui fine-tuning transkrip video, menghasilkan soal HOTS yang akurat dan relevan.
4. Memberdayakan pendidikan lokal dengan materi berbasis lokal yang mudah diakses, membantu anak SD mengasah kemampuan analisis melalui sistem otomatis.
5. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan *Small Language Model* dalam pendidikan berbasis konteks lokal dan menunjukkan bahwa SLM dapat digunakan untuk menghasilkan soal HOTS yang efektif meskipun dengan sumber daya terbatas.

6. Penelitian ini juga memperkaya pemahaman tentang penerapan model bahasa kecil yang efisien untuk pendidikan, menawarkan alternatif hemat sumber daya dibandingkan dengan model besar yang memerlukan komputasi tinggi.

1.5 Kesenjangan Penelitian

Meskipun konsep eduwisata di Desa Pete memiliki potensi besar untuk meningkatkan pembelajaran anak-anak SD melalui pengalaman langsung, masih ada beberapa kesenjangan dalam penerapan teknologi yang mendukung pembelajaran tersebut. Berikut adalah beberapa kesenjangan yang perlu diatasi oleh penelitian ini:

1. Belum ada sistem otomatis yang dapat menghasilkan soal HOTS yang relevan dengan konteks lokal, seperti budidaya angsa, yang bisa digunakan di perangkat dengan sumber daya terbatas.
2. Meskipun teknologi digital sudah mulai digunakan dalam pendidikan, belum ada platform yang dapat menghubungkan materi lokal dalam bentuk soal HOTS yang mudah diakses dan sesuai dengan kurikulum, khususnya dalam konteks eduwisata.
3. Penggunaan teknologi pendidikan yang ada saat ini seringkali memerlukan perangkat dengan sumber daya yang besar, sedangkan guru di desa seperti Desa Pete membutuhkan solusi yang ringan, adaptif, dan mudah digunakan.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penelitian secara rinci, mulai dari alasan pemilihan topik eduwisata Desa Pete hingga urgensi pengembangan soal *Higher-Order Thinking Skills* berbasis kecerdasan buatan. Bab ini memuat identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan, manfaat (praktis dan teoritis), serta gambaran singkat metodologi yang akan digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan kajian teori tentang eduwisata, teori HOTS, taksonomi Bloom, dan teknologi *Small Language Models*. Selain itu, dibahas penelitian terdahulu terkait model *GPT-2, ELECTRA-Small,* dan *ALBERT-base-v2* dalam aplikasi pembangkitan teks serta evaluasi metrik yang relevan. Bab ini menjadi landasan teoritis untuk pengembangan generator soal berbasis SLM.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah. Di dalamnya dijelaskan rancangan penelitian dan subjek/objeknya, profil Desa Pete dengan pendekatan 5W+1H, sumber data (transkrip video budidaya angsa), serta tahapan pengolahan data berdasarkan kerangka kerja CRISP-DM*: data understanding, data preparation, modelling, evaluation, dan deployment*. Metode evaluasi yang digunakan meliputi metrik otomatis seperti *BERTScore* dan penilaian kualitatif dari guru menggunakan instrumen yang menilai relevansi konten, tingkat HOTS, kejelasan bahasa, kesesuaian usia, dan potensi diskusi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil pemodelan, termasuk performa sebelum dan sesudah fine-tuning dengan *GPT-2, ELECTRA-Small,* dan *ALBERT-base-v2* menggunakan *BERTScore*. Disajikan contoh soal HOTS yang dihasilkan sistem, analisis peningkatan F1-score, serta penjelasan umpan balik guru terhadap kualitas soal. Pembahasan mencakup penerapan sistem dalam eduwisata, respon guru dan siswa, serta kendala dan potensi pengembangan aplikasi di desa.

BAB V PENUTUP

Bab ini menyajikan simpulan penelitian, disusun berdasarkan rumusan masalah, serta menyampaikan saran praktis bagi pengelola desa, guru/sekolah, dan peneliti berikutnya. Di bagian ini dicantumkan juga kontribusi utama penelitian, baik secara praktis, metodologis, maupun teoretis, serta rencana keberlanjutan pemanfaatan teknologi di Desa Pete.