

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait digunakan untuk mengkaji penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui metode yang digunakan, hasil penelitian, serta kelebihan dan keterbatasan dari penelitian sebelumnya sehingga dapat menjadi dasar dalam pengembangan penelitian yang dilakukan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas penerapan teknologi *Optical Mark Recognition* (OMR) dalam proses pengolahan dokumen maupun sistem evaluasi pendidikan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan teknologi pengolahan citra mampu membantu proses pembacaan data secara otomatis sehingga meningkatkan efisiensi dan konsistensi pengolahan data dibandingkan metode manual.

Penelitian oleh Moh. Novi Hermawan, Maulidiansyah, dan Sudriyanto (2023) membahas sistem deteksi lembar jawaban komputer menggunakan metode OMR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi arsiran jawaban dengan tingkat akurasi sebesar 97%. Meskipun demikian, proses *input* kunci jawaban pada penelitian tersebut masih dilakukan secara manual sehingga proses pengolahan data belum sepenuhnya otomatis.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Muhamad Rizki Pratama dan Isa Faqihuddin Hanif (2023) mengenai implementasi metode Canny pada aplikasi OMR menggunakan metode pengembangan *Waterfall*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa deteksi tepi dapat membantu meningkatkan ketepatan segmentasi lembar jawaban dengan tingkat akurasi mencapai 93%. Akan tetapi, hasil deteksi masih dipengaruhi oleh kualitas citra, pencahayaan, dan gangguan visual pada proses pengambilan gambar.

Penelitian oleh Cakra, Baharuddin, Samsuddin, dan Yonal Supit (2023) membahas pemeriksaan lembar jawaban pilihan ganda berbasis *Computer Vision* menggunakan teknik pengolahan citra digital. Penelitian tersebut memanfaatkan metode *Active Contour* dan *Canny Edge Detection* untuk mendeteksi area jawaban serta melakukan perhitungan piksel pada arsiran yang dipilih peserta ujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan koreksi lembar jawaban secara otomatis dengan tingkat konsistensi yang baik pada kondisi pencahayaan dan posisi dokumen yang sesuai. Namun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan ketika citra mengalami kemiringan berlebih atau kondisi pencahayaan yang terlalu terang maupun terlalu gelap.

Penelitian oleh Galih Hermawan dan Ednawati Rainarli (2025) membahas evaluasi kinerja beberapa varian Gemini Flash dalam proses ekstraksi informasi dari dokumen jadwal seminar dan sidang skripsi yang terstruktur maupun tidak terstruktur. Penelitian tersebut menggunakan pendekatan *zero-shot prompting* untuk mengekstraksi informasi dari

dokumen PDF dan membandingkan performa model Gemini 2.0 Flash-Lite, Gemini 2.0 Flash, dan Gemini 2.5 Flash Preview. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gemini 2.5 Flash Preview memperoleh nilai F1-score di atas 0,98 dengan waktu inferensi sekitar 3,9 detik, sehingga mampu melakukan ekstraksi informasi dokumen secara akurat dan efisien.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa teknologi OMR memiliki kemampuan yang baik dalam membantu proses pembacaan data secara otomatis. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada satu fungsi tertentu, seperti deteksi arsiran jawaban atau ekstraksi teks dokumen. Integrasi antara OMR dan *Google Generative AI* (Gemini) dalam satu sistem koreksi ujian berbasis *web* masih belum banyak dibahas, khususnya pada lingkungan pendidikan nonformal seperti Madrasah Diniyah.

Untuk memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai penelitian terdahulu yang relevan, perbandingan penelitian disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

No	Judul Penelitian	Peneliti & Tahun	Metode	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan penelitian ini
1.	Deteksi Lembar Jawaban Komputer Menggunakan OMR (<i>Optical Mark Recognition</i>) Di MTS Nurul Iman [6]	Moh. Novi Hermawan, Maulidiansyah, Sudriyanto Tahun: 2023	<i>Optical Mark Recognition</i> (OMR)	Dari hasil uji coba dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi deteksi lembar jawaban komputer dengan menggunakan	Penelitian ini menambahkan <i>Google Generative AI</i> (Gemini) untuk membaca identitas siswa, sehingga proses koreksi menjadi lebih otomatis dan terintegrasi.

No	Judul Penelitian	Peneliti & Tahun	Metode	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan penelitian ini
				OMR adalah 97%.	
2.	Implementasi Metode <i>Canny</i> Dalam Deteksi Tepi Pada Aplikasi Omr (<i>Optical Mark Recognition</i>) Menggunakan Pengembangan Sistem <i>Waterfall</i> [7]	Muhamad Rizki Pratama, Isa Faqihuddin Hanif Tahun: 2023	<i>Canny & Waterfall</i>	Akurasi deteksi citra mencapai 93% pada 15 dataset uji	Penelitian ini memanfaatkan <i>OpenCV</i> pada tahap <i>preprocessing</i> citra dan <i>Google Generative AI</i> (Gemini) untuk ekstraksi data kunci jawaban sehingga proses koreksi menjadi lebih terintegrasi.
3.	Pemeriksaan lembar jawaban pilihan ganda berbasis <i>computer vision</i> [8]	Cakra, Baharuddin, Samsuddin, dan Yonal Supit Tahun: 2023	<i>Computer Vision, Active Contour, Canny Edge Detection</i>	Sistem mampu melakukan koreksi lembar jawaban pilihan ganda secara otomatis dengan tingkat konsistensi yang baik pada kondisi pencahayaan dan posisi dokumen yang sesuai.	Penelitian ini menerapkan <i>OpenCV</i> yang dikombinasikan dengan OMR sehingga mampu melakukan koreksi ujian secara lebih terintegrasi.
4.	Evaluasi Gemini Flash pada Ekstraksi Jadwal Skripsi Terstruktur dan Tidak Terstruktur [9]	Galih Hermawan, Ednawati Rainarli Tahun: 2025	Gemini Flash, Zero-shot Prompting	Gemini 2.5 <i>Flash Preview</i> memperoleh nilai F1-score di atas 0,98 dalam proses ekstraksi informasi	Penelitian ini memanfaatkan <i>Google Generative AI</i> (Gemini) untuk mengekstraksi informasi mata pelajaran, kelas, dan kunci

No	Judul Penelitian	Peneliti & Tahun	Metode	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan penelitian ini
				dokumen dengan waktu inferensi sekitar 3,9 detik.	jawaban dari citra lembar kunci jawaban.

Berdasarkan uraian dan perbandingan pada Tabel 2.1, setiap penelitian memiliki fokus yang berbeda dalam penerapan teknologi *Optical Mark Recognition* (OMR), pengolahan citra digital, dan *Google Generative AI*. Penelitian oleh Moh. Novi Hermawan et al. (2023) serta Muhamad Rizki Pratama dan Isa Faqihuddin Hanif (2023) berfokus pada deteksi arsiran jawaban menggunakan metode *Optical Mark Recognition* (OMR) dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sementara itu, penelitian oleh Cakra et al. (2023) menunjukkan bahwa teknik pengolahan citra digital mampu meningkatkan proses deteksi lembar jawaban secara otomatis. Adapun penelitian oleh Galih Hermawan dan Ednawati Rainarli (2025) menunjukkan bahwa *Google Generative AI* (Gemini) memiliki kemampuan yang baik dalam mengekstraksi informasi dari dokumen terstruktur maupun tidak terstruktur.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan *Optical Mark Recognition* (OMR), *OpenCV*, dan *Google Generative AI* (Gemini) dalam satu sistem koreksi ujian berbasis *web*. Selain itu, penerapan teknologi tersebut pada lingkungan pendidikan nonformal, khususnya Madrasah Diniyah, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem koreksi ujian berbasis

web yang menerapkan *Optical Mark Recognition* (OMR) untuk mendeteksi arsiran jawaban siswa, *OpenCV* pada tahap *preprocessing* citra untuk meningkatkan kualitas gambar sebelum proses pembacaan, serta *Google Generative AI* (Gemini) untuk mengekstraksi informasi pada lembar kunci jawaban secara otomatis. Integrasi ketiga teknologi tersebut diharapkan mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kemudahan dalam proses koreksi serta pengelolaan hasil ujian secara digital.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pendidikan Madrasah Diniyah (Madin)

Madrasah Diniyah merupakan lembaga pendidikan Islam nonformal yang memegang peran strategis dalam menanamkan nilai-nilai religius, pemahaman kitab kuning, dan pembentukan akhlak mulia sejak dini. Sebagai bagian dari sistem pendidikan nasional, Madrasah Diniyah berfungsi sebagai pelengkap atau pengayaan bagi pendidikan formal, guna memberikan kedalaman pemahaman agama yang lebih komprehensif bagi peserta didik [10].

Fungsi pendidikan nonformal seperti Madrasah Diniyah adalah untuk menyediakan layanan pendidikan yang fleksibel namun tetap terstruktur bagi masyarakat. Dalam konteks ini, efektivitas proses belajar mengajar sangat bergantung pada manajemen instruksional yang baik, termasuk di dalamnya adalah sistem administrasi dan pelaporan nilai. Namun, secara administratif, sistem evaluasi di lembaga ini sering kali masih dikelola secara konvensional

melalui pencatatan manual [11]. Dalam banyak studi manajemen pendidikan, pola konvensional tersebut diidentifikasi sebagai hambatan bagi efisiensi organisasi karena minimnya sistem data komputerisasi yang terintegrasi.

Kaitannya dengan evaluasi pembelajaran, digitalisasi menjadi sebuah keharusan untuk meningkatkan mutu layanan pendidikan secara holistik di lingkungan Madrasah Diniyah. Sistem evaluasi yang terotomatisasi tidak hanya membantu tenaga pendidik dalam mempercepat proses koreksi ujian, tetapi juga menjamin keakuratan data hasil belajar siswa. Dengan mengalihkan metode koreksi dari manual ke digital, Madrasah Diniyah dapat melakukan analisis performa siswa secara lebih mendalam, sehingga pengambilan kebijakan pendidikan di tingkat madrasah dapat didasarkan pada data yang valid dan akurat.

2.2.2 *Optical Mark Recognition (OMR)*

Optical Mark Recognition (OMR) adalah teknologi yang digunakan untuk mendeteksi tanda atau arsiran pada suatu formulir atau lembar jawaban yang telah ditentukan posisinya. Teknologi ini sering digunakan pada sistem koreksi lembar jawaban komputer (LJK) dalam ujian berbentuk pilihan ganda. Dengan OMR, sistem dapat mengenali pilihan jawaban yang diisi peserta ujian secara otomatis tanpa perlu melakukan pemeriksaan manual satu per satu [12].

OMR bekerja dengan menganalisis citra lembar jawaban untuk mendeteksi area tertentu yang telah ditandai oleh peserta ujian, biasanya berupa bulatan yang diarsir atau ditandai. Proses ini dilakukan melalui teknik pengolahan citra seperti deteksi tepi, segmentasi area jawaban, serta analisis intensitas piksel untuk menentukan apakah suatu pilihan telah diisi atau tidak. Agar hasil deteksi lebih akurat, citra lembar jawaban perlu diproses terlebih dahulu sehingga posisi dan bentuk area jawaban dapat dikenali secara konsisten [13].

Dalam penerapannya pada LJK, OMR sangat membantu proses koreksi jawaban pilihan ganda karena sistem dapat membaca arsiran berdasarkan koordinat yang telah ditetapkan sebelumnya. Dengan cara ini, jawaban siswa dapat dikonversi menjadi data digital yang siap digunakan dalam proses penilaian ujian secara cepat, akurat, dan konsisten. Penggunaan OMR juga dapat mengurangi beban guru dalam melakukan koreksi manual serta mempercepat pengolahan hasil ujian.

2.2.3 *OpenCV untuk Preprocessing Citra*

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) merupakan pustaka *open-source* yang banyak digunakan untuk pengolahan citra digital dan visi komputer. *OpenCV* menyediakan berbagai fungsi yang dapat dimanfaatkan untuk membaca, memproses, serta meningkatkan kualitas citra sehingga informasi yang terkandung di dalamnya dapat

dianalisis dengan lebih baik. Pustaka ini mendukung berbagai teknik pengolahan citra, seperti perubahan ukuran *citra* (*resize*), reduksi *noise*, peningkatan kontras, penajaman citra, konversi ruang warna, hingga transformasi citra [14].

Dalam penelitian ini, terdapat tiga konsep utama *OpenCV* yang diterapkan untuk menjamin akurasi pemrosesan LJK:

1. Transformasi Perspekti untuk mengoreksi distorsi geometris dokumen, memastikan setiap area jawaban berada pada koordinat absolut yang sama terlepas dari sudut pengambilan foto.
2. Deteksi Kontur: Algoritma untuk mengidentifikasi objek berdasarkan perbedaan intensitas warna, yang krusial dalam mendeteksi area LJK dalam foto yang kompleks.
3. Binerisasi (*Thresholding*): Teknik untuk mengubah citra menjadi dua warna (hitam-putih) yang mutlak, guna menonjolkan area arsiran pensil agar terdeteksi secara deterministik.

2.2.4 **Google Generative AI (Gemini)**

Google Generative AI (Gemini) merupakan model kecerdasan buatan generatif yang dikembangkan oleh Google untuk memproses berbagai jenis data, seperti teks, gambar, audio, video, maupun kombinasi dari beberapa jenis data tersebut (*multimodal*). Kemampuan tersebut memungkinkan Gemini memahami hubungan antara informasi visual dan tekstual sehingga dapat menghasilkan keluaran berupa teks sesuai dengan instruksi (*prompt*) yang diberikan

pengguna. Oleh karena itu, Gemini dapat dimanfaatkan pada berbagai tugas, seperti analisis dokumen, ekstraksi informasi, pembuatan ringkasan, serta menjawab pertanyaan berdasarkan isi dokumen atau citra [15].

Pada penelitian ini, *Google Generative AI* (Gemini) digunakan untuk mengekstraksi informasi pada lembar kunci jawaban yang telah melalui tahap *preprocessing* menggunakan *OpenCV*. Informasi yang diekstraksi meliputi mata pelajaran, kelas, dan daftar kunci jawaban pada setiap nomor soal. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan *prompt* yang dirancang agar model menghasilkan keluaran dalam format *JavaScript Object Notation* (JSON) sehingga data dapat langsung diproses dan disimpan ke dalam basis data.

Penggunaan *Google Generative AI* (Gemini) dipilih karena memiliki kemampuan memahami isi dokumen secara menyeluruh tanpa memerlukan proses pengenalan karakter secara terpisah sebagaimana pada metode *Optical Character Recognition* (OCR) konvensional. Dengan memanfaatkan kemampuan tersebut, proses input data kunci jawaban dapat dilakukan secara otomatis sehingga meningkatkan efisiensi dan meminimalkan kesalahan pada proses pengelolaan data kunci jawaban.

2.2.5 Sistem Informasi Berbasis Web

Sistem berbasis *web* merupakan sebuah aplikasi yang dirancang untuk mengumpulkan, mengolah, dan menyajikan

informasi yang dapat diakses melalui peramban (*browser*) dengan memanfaatkan jaringan internet atau intranet. Berbeda dengan aplikasi desktop konvensional, sistem ini bersifat platform-independent, yang berarti pengguna dapat mengakses data dari berbagai perangkat tanpa perlu melakukan instalasi perangkat lunak khusus secara lokal [16].

Fungsi utama dari sistem informasi ini adalah untuk mentransformasikan data mentah, dalam konteks ini berupa citra lembar jawaban menjadi informasi yang bernilai guna bagi pengelola pendidikan. Selain berfungsi sebagai media penyimpanan data yang terpusat, sistem ini berperan dalam otomatisasi tugas-tugas administratif yang repetitif [17]. Keuntungan utama sistem berbasis *web* terletak pada aksesibilitasnya yang tinggi, kemudahan dalam pemeliharaan data (*maintenance*), serta efisiensi biaya karena tidak memerlukan spesifikasi perangkat keras yang tinggi di sisi pengguna akhir (*client*) [18].

2.2.6 **FastAPI**

FastAPI merupakan *framework web* modern dan berkinerja tinggi yang dibangun di atas bahasa pemrograman *Python*. *Framework* ini dirancang khusus untuk membangun *Application Programming Interface* (API) dengan memanfaatkan fitur standard *Python type hints* [19]. *FastAPI* menyediakan struktur pengembangan yang sederhana, dokumentasi API otomatis melalui *Swagger UI*, serta

memiliki dukungan integrasi yang baik dengan berbagai pustaka Python.

Pada penelitian ini, *FastAPI* digunakan sebagai backend yang bertugas mengelola proses komunikasi antara antarmuka pengguna, modul pengolahan citra menggunakan *OpenCV*, layanan *Google GenAI* untuk ekstraksi data kunci jawaban, serta basis data *PostgreSQL*. Pemilihan *FastAPI* didasarkan pada kemampuannya dalam menangani proses *backend* secara cepat dan terstruktur, sehingga mendukung proses unggah gambar, pemrosesan LJK, pengolahan hasil koreksi, hingga penyimpanan data secara efisien. Selain itu, penggunaan *FastAPI* dengan konsep *routing* dan *dependency* yang jelas memudahkan pengembangan, pengelolaan, serta pemeliharaan kode program dalam sistem yang dibangun.

2.2.7 PostgreSQL

Database Management System (DBMS) adalah perangkat lunak yang berfungsi sebagai perantara antara pengguna dengan basis data untuk memastikan proses pengorganisasian, penyimpanan, dan pengambilan data berjalan secara sistematis. Fungsi utama DBMS dalam penelitian ini adalah untuk menjamin integritas dan keamanan data, serta memudahkan proses manipulasi data relasional seperti identitas siswa, hasil jawaban, hingga kunci jawaban yang saling terhubung satu sama lain [20].

PostgreSQL merupakan sistem manajemen basis data objek-relasional (*Object-Relational Database Management System/ORDBMS*) berbasis *open-source* yang dikenal karena ketangguhannya dalam menangani beban kerja yang kompleks. Sebagai salah satu basis data paling canggih saat ini, *PostgreSQL* mendukung fitur *concurrency* yang sangat baik melalui mekanisme *Multi-Version Concurrency Control* (MVCC). Hal ini memungkinkannya untuk diintegrasikan secara optimal dengan *framework FastAPI* dalam menangani permintaan data dalam jumlah besar secara bersamaan tanpa mengorbankan konsistensi dan stabilitas sistem.

Alasan utama penggunaan *PostgreSQL* dalam penelitian ini didasarkan pada efisiensi performa dan skalabilitasnya dalam menangani volume data besar. Berdasarkan pengujian benchmark terbaru, *PostgreSQL* menunjukkan performa yang signifikan dengan kecepatan operasi *select* hingga 13 kali lebih cepat dibandingkan beberapa sistem basis data relasional lainnya [21]. Keunggulan dalam integritas data dan kemampuan menjaga stabilitas pada kondisi beban kerja yang kompleks menjadikannya pilihan ideal untuk memastikan seluruh data evaluasi pendidikan di Madrasah Diniyah tersimpan secara aman dan dapat diakses dengan cepat secara *real-time*.