

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada era modern telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia. Teknologi pada dasarnya diciptakan untuk memberikan kemudahan bagi manusia dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, mulai dari pekerjaan rumah tangga, kegiatan belajar, proses produksi, hingga pengambilan keputusan yang kompleks. Dengan adanya teknologi, berbagai aktivitas dapat dilakukan dengan lebih cepat, lebih efisien, dan lebih akurat, sehingga mengurangi beban energi dan waktu yang sebelumnya harus dicurahkan ketika menggunakan metode tradisional. Teknologi tidak hanya berperan sebagai alat fisik yang membantu meringankan pekerjaan, tetapi juga telah berkembang menjadi sistem cerdas yang mampu memproses informasi, menganalisis data, dan memberikan rekomendasi secara otomatis.

Kemajuan teknologi digital, seperti otomatisasi, sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), serta kecerdasan buatan *Artificial Intelligence* (AI), turut menciptakan transformasi besar dalam aspek kehidupan manusia. Keberadaan perangkat digital yang semakin canggih memungkinkan manusia menyelesaikan berbagai tugas dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Tidak hanya itu, teknologi juga memperluas kemampuan manusia dalam hal komunikasi, koordinasi, serta aksesibilitas informasi. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi secara bijak menjadi faktor penting untuk meningkatkan produktivitas, memperluas peluang, dan mengurangi ketergantungan terhadap proses manual yang seringkali memakan banyak tenaga dan waktu.

Salah satu kelompok masyarakat yang sangat merasakan manfaat perkembangan teknologi adalah penyandang disabilitas. Individu dengan disabilitas memiliki kondisi fisik, sensorik, atau kognitif tertentu yang dapat membatasi kemampuan mereka dalam melakukan aktivitas harian jika hanya bergantung pada metode konvensional. Dalam konteks inilah teknologi hadir sebagai alat pemberdaya (*assistive technology*) yang mampu menjembatani berbagai keterbatasan tersebut. Berbagai perangkat dan aplikasi telah dirancang khusus untuk meningkatkan kemandirian penyandang disabilitas, seperti alat bantu dengar untuk tunarungu,

pembaca layar untuk tunanetra, kursi roda elektrik, dan perangkat *Augmentative and Alternative Communication* (AAC) untuk membantu komunikasi.

Salah satu jenis disabilitas yang sering mengalami hambatan dalam interaksi sosial adalah disabilitas wicara (bisu). Individu dengan disabilitas bisu tidak dapat menggunakan komunikasi verbal seperti orang pada umumnya. Untuk berkomunikasi, mereka biasanya menggunakan bahasa isyarat, yaitu sistem komunikasi visual yang menggunakan kombinasi gerakan tangan, posisi jari, ekspresi wajah, serta gerakan tubuh. Bahasa isyarat pada dasarnya merupakan sarana komunikasi yang efektif di kalangan komunitas tunarungu dan bisu, namun penggunaannya tidak tersebar luas di masyarakat umum.

Masalah utama yang muncul adalah bahwa sebagian besar masyarakat tidak memiliki kemampuan untuk memahami bahasa isyarat karena keterampilan ini memerlukan pembelajaran khusus. Bahasa isyarat sering dianggap hanya berguna bagi penyandang disabilitas dan komunitas tertentu saja, sehingga tidak banyak orang yang berminat mempelajarinya. Akibatnya, individu dengan disabilitas bisu kesulitan berkomunikasi dengan masyarakat luas, terutama dalam situasi yang membutuhkan interaksi langsung, seperti layanan publik, pendidikan, pekerjaan, ataupun aktivitas sosial sehari-hari. Hambatan tersebut bisa menimbulkan kesalahpahaman, keterbatasan akses informasi, bahkan diskriminasi tidak langsung terhadap penyandang disabilitas.

Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan solusi teknologi yang dapat menjadi jembatan komunikasi antara penyandang disabilitas bisu dengan masyarakat umum. Salah satu solusi yang berkembang pesat adalah teknologi *Hand Gesture Recognition* (HGR) atau pengenalan gerakan tangan. Teknologi ini merupakan bagian penting dari bidang *Human-Computer Interaction* (HCI), yaitu studi tentang bagaimana manusia berinteraksi dengan perangkat komputer melalui berbagai metode intuitif. HGR memungkinkan komputer mengenali dan menafsirkan gerakan tangan sebagai bentuk input tanpa kontak fisik, sehingga menciptakan interaksi yang lebih natural, higienis, dan efisien. Teknologi ini telah banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti *Virtual Reality*, *Augmented Reality*, gaming, robotika, serta aplikasi pengenalan bahasa isyarat.

Dalam konteks pengenalan bahasa isyarat, HGR berperan penting untuk menerjemahkan isyarat tangan menjadi informasi yang dapat dipahami oleh

masyarakat umum tanpa harus mempelajari bahasa isyarat secara langsung. Dengan adanya sistem ini, penyandang disabilitas bisu dapat berkomunikasi melalui gerakan tangan seperti biasa, dan komputer akan menerjemahkannya menjadi teks atau suara yang dapat dipahami oleh lawan bicara. Teknologi ini tidak hanya memberikan kemudahan bagi penyandang disabilitas, tetapi juga membuka peluang bagi inklusivitas sosial yang lebih luas, karena komunikasi tidak lagi menjadi hambatan bagi interaksi antar individu.

Namun demikian, pengembangan teknologi HGR bukan tanpa tantangan. Identifikasi gestur tangan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi cahaya, latar belakang gambar, ukuran tangan, bentuk tangan, serta posisi kamera. Gestur yang mirip satu sama lain juga dapat menyebabkan kesalahan pengenalan jika sistem tidak dirancang dengan model yang cukup robust. Oleh karena itu, dibutuhkan metode pemrosesan citra dan algoritma pembelajaran mesin yang mampu mengenali pola secara konsisten meskipun terdapat variasi dalam kondisi lingkungan.

Salah satu metode yang terbukti efektif dalam menangani masalah tersebut adalah algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN merupakan bagian dari deep learning, yaitu metode pembelajaran mesin yang mampu mengekstraksi fitur penting dari gambar melalui serangkaian lapisan (layer) yang kompleks. CNN dirancang khusus untuk mengenali pola visual dalam gambar, sehingga sangat cocok digunakan dalam aplikasi pengenalan citra, termasuk HGR. Melalui proses konvolusi, pooling, dan klasifikasi, CNN dapat membedakan berbagai gestur tangan dengan akurasi yang tinggi.

Keunggulan CNN dibandingkan metode konvensional atau library tertentu seperti *MediaPipe* [12] adalah kemampuannya untuk menangani gambar dengan resolusi rendah, kondisi cahaya kurang ideal, maupun variasi sudut pengambilan gambar. CNN juga mampu mempelajari fitur secara otomatis, sehingga tidak memerlukan proses ekstraksi fitur manual yang kompleks. Meski demikian, CNN juga memiliki kelemahan, terutama pada kebutuhan data pelatihan yang besar dan waktu pelatihan yang cukup lama. Model CNN yang baik memerlukan dataset dengan variasi yang memadai agar dapat mengenali banyak pola tangan dalam berbagai kondisi.

Meskipun begitu, CNN tetap menjadi salah satu pendekatan terbaik untuk mengembangkan sistem HGR karena tingkat akurasi dan ketahanannya dalam mengenali gambar sangat tinggi. Dengan memanfaatkan CNN dalam teknologi HGR, diharapkan dapat tercipta sebuah aplikasi yang mampu menerjemahkan bahasa isyarat ke dalam bentuk teks atau suara secara otomatis dan real time. Aplikasi ini dapat digunakan oleh masyarakat umum tanpa harus mempelajari bahasa isyarat terlebih dahulu. Dengan demikian, komunikasi antara penyandang disabilitas bisu dan masyarakat luas dapat berlangsung dengan lebih mudah, cepat, dan efektif.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan teknologi *Hand Gesture Recognition* berbasis algoritma *Convolutional Neural Network* sebagai solusi praktis dalam pengenalan bahasa isyarat. Implementasi ini tidak hanya membantu penyandang disabilitas bisu dalam berkomunikasi, tetapi juga mendukung terciptanya lingkungan sosial yang lebih inklusif dan ramah disabilitas. Pengembangan aplikasi ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata dalam mendukung kemajuan teknologi asistif, sekaligus memberikan manfaat praktis bagi kehidupan sehari-hari masyarakat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya mengenai pentingnya pengembangan teknologi *Hand Gesture Recognition* (HGR) dalam membantu proses komunikasi, khususnya bagi pengguna bahasa isyarat Indonesia berbasis SIBI, maka penelitian ini dirancang untuk menjawab tantangan mengenai bagaimana teknologi tersebut dapat diterapkan secara efektif. Permasalahan inti muncul dari kebutuhan untuk menciptakan sebuah sistem yang mampu mengenali gestur tangan secara otomatis melalui pengolahan citra digital, namun pada saat yang sama tetap mempertahankan akurasi yang memadai meskipun menghadapi variasi kondisi nyata seperti perubahan pencahayaan, keberagaman warna latar belakang, serta perbedaan bentuk dan orientasi tangan.

Selain itu, keterbatasan penelitian sebelumnya yang masih menghadapi waktu deteksi yang lambat, dataset yang kurang bervariasi, serta tingkat kesalahan yang cukup tinggi dalam klasifikasi, menjadi landasan utama mengapa penelitian ini perlu dirumuskan dengan jelas. Penggunaan *Convolutional Neural Network* (CNN)

sebagai algoritma inti juga menimbulkan pertanyaan bagaimana model tersebut dapat dilatih dan dioptimalkan agar mampu mempelajari pola visual gestur tangan SIBI secara efektif. CNN pada dasarnya sangat kuat dalam melakukan ekstraksi fitur dan klasifikasi citra, namun keberhasilannya tetap ditentukan oleh kualitas dataset dan parameter pelatihan yang digunakan.

Dengan mempertimbangkan seluruh aspek tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dipusatkan pada satu pertanyaan utama, yakni: Bagaimana menerapkan teknologi *Hand Gesture Recognition* untuk pengenalan bahasa isyarat Indonesia menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network*? Rumusan ini mencakup berbagai sub-permasalahan, seperti bagaimana proses pengambilan dan penyusunan dataset dilakukan, bagaimana tahap preprocessing memengaruhi kinerja model, bagaimana arsitektur CNN dibangun dan dilatih, hingga bagaimana hasil pengujian dapat menunjukkan apakah model mampu melakukan pengenalan gestur secara akurat dan konsisten.

Dengan dirumuskannya masalah tersebut secara jelas, penelitian ini diharapkan mampu memberikan arah yang terstruktur dalam proses pengembangan model HGR, sekaligus menyediakan dasar pemikiran untuk melakukan evaluasi menyeluruh terhadap performa model yang dihasilkan. Rumusan masalah ini juga menjadi fondasi bagi peneliti untuk menyusun metodologi yang sistematis sehingga hasil penelitian dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi pengenalan bahasa isyarat berbasis visi komputer.

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian dapat dilakukan secara lebih terarah, efisien, dan sesuai dengan ruang lingkup yang realistis, maka beberapa batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Sistem hanya dapat mengenali beberapa bahasa isyarat tertentu

Penelitian ini tidak mencakup keseluruhan kosakata bahasa isyarat Indonesia (Bisindo) maupun Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI), karena keduanya memiliki jumlah kosakata yang sangat banyak dan kompleks. Oleh karena itu, penelitian dibatasi hanya pada tiga gestur atau isyarat tangan tertentu yaitu A, B, dan C.

Pemilihan isyarat dilakukan berdasarkan tingkat kemudahan dibedakan secara visual serta ketersediaan dataset. Dengan demikian, model dapat dilatih secara optimal tanpa memerlukan jumlah data yang terlalu besar.

2. Akurasi model tidak ditargetkan mencapai nilai yang sangat tinggi

Penelitian ini tidak menekankan pencapaian akurasi yang maksimal atau mendekati 100%. Fokus utama penelitian adalah menguji penerapan konsep *Hand Gesture Recognition* berbasis *Convolutional Neural Network*, bukan mengembangkan model produksi yang sempurna.

Dengan batasan ini, keterbatasan dataset, durasi penelitian, serta penggunaan perangkat keras sederhana tidak menjadi hambatan signifikan. Meskipun begitu, akurasi tetap diukur sebagai indikator keberhasilan sistem, tetapi tidak dijadikan tujuan utama.

3. Penelitian terbatas pada penggunaan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi hanya pada algoritma CNN tanpa membandingkannya dengan algoritma lain seperti RNN, LSTM, *Transformer*, atau metode *Vision* lainnya.

Pemilihan CNN didasarkan pada kemampuannya yang unggul dalam mengenali pola visual, termasuk citra tangan, bentuk jari, dan struktur gestur. Pembatasan ini juga bertujuan agar penelitian tetap fokus dan mendalam terhadap satu pendekatan utama, sehingga analisis, implementasi, dan evaluasi dapat dilakukan dengan lebih terarah.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan arah yang ingin dicapai sebagai hasil dari proses penelitian yang dilakukan. Berdasarkan perumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini memiliki tujuan utama yaitu menerapkan *Hand Gesture Recognition* pada pengenalan bahasa isyarat menggunakan *Convolutional Neural Network*.

Tujuannya adalah untuk mengembangkan sebuah sistem yang mampu mengenali dan mengklasifikasikan beberapa gestur bahasa isyarat melalui proses

pengolahan citra berbasis algoritma CNN. Secara lebih rinci, tujuan penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun model *Convolutional Neural Network* (CNN) yang mampu memproses citra tangan untuk mengenali gestur tertentu.

Penelitian ini mencakup pemilihan arsitektur CNN yang sesuai, proses pelatihan model, serta evaluasi performa berdasarkan dataset yang digunakan. Model CNN diharapkan mampu mengekstraksi fitur visual seperti bentuk jari, posisi tangan, dan pola gerakan statis pada bahasa isyarat.

2. Mengimplementasikan sistem *Hand Gesture Recognition* sebagai prototipe untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan bahasa isyarat.

Implementasi meliputi integrasi antara model CNN dan aplikasi sederhana yang dapat menjadi simulasi sistem penerjemah bahasa isyarat. Sistem ini dirancang agar mampu menerima input berupa citra atau frame video, kemudian menghasilkan prediksi gestur secara otomatis.

3. Mengukur dan menganalisis kinerja sistem dalam mengenali bahasa isyarat berdasarkan tingkat akurasi model CNN.

Evaluasi dilakukan menggunakan metrik seperti akurasi, *precision*, *recall*, serta *confusion matrix*. Analisis ini diperlukan untuk menilai seberapa baik sistem bekerja dalam kondisi dataset terbatas dan sesuai dengan batasan penelitian.

Dengan pencapaian tujuan-tujuan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai penerapan teknologi *computer vision* dan *deep learning* dalam membantu proses pengenalan bahasa isyarat secara otomatis.

1.5. Metodologi Penelitian

1.5.1. Metodologi pengumpulan data

Metode pengumpulan data yang digunakan didalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Observasi

Observasi merupakan salah satu metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini untuk memperoleh informasi secara langsung dari objek yang diteliti. Observasi dilakukan dengan cara mengamati fenomena secara nyata pada kondisi sebenarnya sehingga

peneliti dapat memahami karakteristik data, pola pergerakan tangan, serta berbagai faktor eksternal yang mempengaruhi proses pengenalan gesture. Dalam konteks penelitian ini, metode observasi memiliki peran penting untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan relevan dan sesuai dengan kebutuhan model *Hand Gesture Recognition* (HGR) berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN).

Dalam pelaksanaannya, observasi dilakukan secara langsung terhadap objek berupa pergerakan tangan yang merepresentasikan bahasa isyarat Indonesia berbasis SIBI. Peneliti mengamati berbagai kondisi pengambilan gambar, seperti variasi pencahayaan, latar belakang, jarak tangan terhadap kamera, serta posisi tubuh maupun orientasi tangan. Tujuan utama dari observasi ini adalah untuk mengetahui apakah kondisi-kondisi nyata tersebut dapat mempengaruhi performa algoritma CNN dalam mengklasifikasikan gesture tangan tertentu.

Melalui metode observasi ini, peneliti juga dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai bentuk dan ciri visual dari setiap gesture yang digunakan sebagai kelas pada dataset. Observasi membantu peneliti menentukan aspek-aspek penting seperti sudut pengambilan gambar, pergerakan tangan yang paling representatif, serta variasi kondisi visual yang perlu dimasukkan ke dalam dataset untuk meningkatkan ketahanan (*robustness*) model. Dengan demikian, observasi tidak hanya menjadi proses pengumpulan data, tetapi juga menjadi tahap verifikasi terhadap kesesuaian data yang digunakan dalam proses pelatihan model CNN.

Hasil dari observasi ini selanjutnya digunakan untuk menyusun strategi pengambilan dataset secara sistematis, seperti pengaturan pencahayaan, posisi kamera, serta jumlah sampel per gesture. Observasi juga menjadi dasar dalam menilai apakah algoritma CNN mampu membantu sistem HGR dalam mengenali pergerakan tangan tertentu secara efektif, terutama ketika diuji pada kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Dengan adanya observasi langsung, peneliti dapat

memastikan bahwa proses pengambilan data dan pengembangan model dilakukan berdasarkan kondisi riil yang terjadi di lapangan.

2. Studi Literatur

Metode studi literatur merupakan salah satu teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini untuk memperoleh landasan teori yang kuat serta pemahaman mendalam mengenai konsep-konsep yang berkaitan dengan topik penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mencari, menyimak, dan mengakumulasi berbagai dokumen seperti buku, artikel ilmiah, jurnal penelitian, prosiding konferensi, serta sumber-sumber literatur lain yang relevan. Melalui metode ini, peneliti dapat mengumpulkan informasi terkait teori dasar *Hand Gesture Recognition* (HGR), algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN), serta metode-metode lain yang mendukung pembangunan model pengenalan bahasa isyarat berbasis citra.

Dalam prosesnya, studi literatur membantu peneliti memahami perkembangan teknologi dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sehingga peneliti dapat mengetahui celah penelitian yang masih membutuhkan pengembangan lebih lanjut. Metode ini juga memberikan gambaran mengenai struktur CNN yang umum digunakan dalam pengenalan pola gambar, jenis dataset yang biasanya dipakai dalam penelitian HGR, serta tantangan-tantangan yang sering muncul dalam pengolahan citra tangan, seperti variasi pencahayaan, latar belakang, dan bentuk tangan yang berbeda-beda.

Selain itu, studi literatur turut berperan dalam memberikan dasar konseptual mengenai teknik preprocessing data yang sesuai untuk meningkatkan kualitas citra sebelum dilatih menggunakan CNN. Informasi mengenai optimasi model, pemilihan parameter hyperparameter, serta evaluasi performa model juga diperoleh dari literatur ilmiah yang dikaji. Dengan demikian, studi literatur tidak hanya memperkaya pengetahuan teoritis peneliti, tetapi juga menjadi pedoman penting dalam merancang alur penelitian dan menentukan metode yang paling tepat digunakan.

Melalui analisis terhadap berbagai literatur tersebut, peneliti dapat menyusun kerangka berpikir yang sistematis serta memahami bagaimana posisi penelitian ini dibandingkan dengan penelitian serupa yang telah dilakukan. Studi literatur juga memastikan bahwa penelitian ini memiliki landasan teoritis yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Dengan kata lain, metode ini menjadi komponen penting dalam keseluruhan proses penelitian karena mampu memberikan arah dan pemahaman mendalam sebelum penelitian dilakukan secara teknis melalui pengumpulan data, pelatihan model, serta pengujian sistem HGR berbasis CNN.

1.5.2. Metode pengembangan

Metode pengembangan yang akan dilakukan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1.1 Diagram metode pengembangan.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai alur penyusunan laporan penelitian, penulis menggunakan sistematika penulisan yang disusun secara berurutan mulai dari pendahuluan hingga penutup. Sistematika penulisan ini bertujuan agar pembaca dapat mengikuti isi laporan dengan runtut dan memahami

keterkaitan antarbagian. Adapun susunan sistematika penulisan adalah sebagai berikut:

1. BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini memuat gambaran umum mengenai penelitian yang dilakukan. Pembahasannya mencakup:

a) Latar Belakang

Menjelaskan alasan dan urgensi penelitian dilakukan, termasuk permasalahan yang dihadapi serta potensi solusi yang ditawarkan.

b) Rumusan Masalah

Menguraikan pertanyaan-pertanyaan utama yang ingin dijawab melalui penelitian ini.

c) Tujuan Penelitian

Menyebutkan tujuan yang ingin dicapai secara spesifik.

d) Batasan Masalah

Menjelaskan ruang lingkup penelitian agar lebih fokus dan terarah.

e) Manfaat Penelitian

Menguraikan kontribusi yang diharapkan dari hasil penelitian, baik secara akademis maupun praktis.

f) Sistematika Penulisan

Menjelaskan susunan bab dalam laporan penelitian.

2. BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi uraian teori, konsep, temuan terdahulu, dan hasil penelitian lain yang relevan sebagai dasar dan landasan untuk penelitian ini. Materi dalam bab ini digunakan untuk membangun kerangka konseptual dan memposisikan penelitian dalam konteks kajian ilmiah yang ada. Isi pokok bab ini meliputi:

a) Studi Literatur

Mengulas penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik, baik dari jurnal, prosiding, buku, maupun sumber daring yang terpercaya.

b) Dasar Teori

Menyajikan teori-teori dan konsep yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian, termasuk penjelasan teknis terkait *Hand Gesture*.

Recognition (HGR), Convolutional Neural Network (CNN), computer vision, dan aspek pendukung lainnya.

3. BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah dan tahapan penelitian yang ditempuh mulai dari perancangan, pengumpulan data, hingga analisis hasil. Pembahasan dalam bab ini meliputi:

a) Objek Penelitian

Menjelaskan fokus atau sasaran penelitian, termasuk spesifikasi dataset dan lingkup pengujian.

b) Alur Penelitian

Menguraikan tahapan-tahapan penelitian secara sistematis, biasanya dilengkapi dengan diagram alir

c) Alat dan Bahan Penelitian

Menyebutkan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang digunakan, serta sumber data yang dipakai.

4. BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh serta analisisnya. Pembahasan disusun untuk menjawab rumusan masalah dan menghubungkan temuan dengan teori yang ada. Pokok bahasan dalam bab ini meliputi:

a) Spesifikasi teknis sistem yang dibangun.

b) Hasil implementasi sistem, termasuk hasil pelatihan dan pengujian model CNN.

c) Analisis performa sistem berdasarkan parameter evaluasi (misalnya akurasi, presisi, *recall*, dan *confusion matrix*).

d) Interpretasi hasil eksperimen serta perbandingan dengan penelitian sebelumnya.

5. BAB V: PENUTUP

Bab ini memuat rangkuman keseluruhan hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh. Selain itu, bab ini juga memberikan saran-saran untuk pengembangan penelitian di masa mendatang.