

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Saat berkendara di jalan raya lalu lintas, di mana kendaraan sering melaju dengan kecepatan sedang sampai tinggi, sangat penting untuk menjaga jarak aman dengan kendaraan di depannya. Banyak kecelakaan lalu lintas yang terjadi karena pengemudi tidak menjaga jarak aman dengan kendaraan di depannya akibat kelalaian atau kurangnya informasi mengenai jarak yang benar [1]. Selain itu, mengemudi dengan kecepatan tinggi dapat meningkatkan risiko tidak menjaga jarak aman kendaraan, yang dapat menyebabkan kecelakaan fatal dan membahayakan pengemudi dan kendaraan pengemudi lainnya [2]. Menurut data Badan Pusat Statistik, kecelakaan lalu lintas di Indonesia pada periode tahun 2020-2022 meningkat setiap tahun menyentuh angka 139.258 kejadian pada tahun 2022 [3]. Kasus kecelakaan tersebut mencapai 50 ribu kejadian yang merupakan penyebab terbesarnya adalah karena gagal menjaga jarak aman kendaraan [4]. Hal ini terutama terjadi di jalan raya atau jalan antar kota dimana kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi, dimana pengereman mendadak atau perubahan kecepatan yang tinggi dapat berakibat fatal. Kemudian, kondisi lingkungan jalan seperti jalan berlubang, jalan berliku, dan kondisi cuaca dapat terjadinya kecelakaan [5]. Menurut Wakil Ketua Umum Bidang Keselamatan Transportasi Indonesia (MTI) memperkirakan bahwa angka kecelakaan lalu lintas di Indonesia akan mencapai 116 ribu pada tahun 2023. Banyak dari kasus ini disebabkan oleh kelalaian pengemudi, rasa kantuk, dan kelelahan pengemudi [6]. Untuk itu diperlukan suatu alat yang dapat membantu pengemudi dalam berkendara aman dengan mengetahui informasi jarak antar kendaraan agar pengemudi dapat membuat keputusan yang tepat saat berkendara dengan jarak aman kendaraan secara akurat.

Proyek ini adalah respons terhadap tingginya tingkat kecelakaan yang tinggi di Indonesia yang disebabkan oleh pelanggaran jarak aman kendaraan. Ini akan mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh tabrakan beruntun atau pengereman mendadak dengan menggunakan kemajuan dalam teknologi sensor dan komunikasi antar kendaraan. Pada permasalahan pada capstone design ini sudah memenuhi beberapa aspek *complex engineering problem* seperti pada beberapa poin berikut:

1. Integrasi Teknologi Multidisiplin

Sistem ini mengintegrasikan berbagai teknologi, khususnya pemrosesan citra digital menggunakan kamera ESP32-CAM dan komunikasi nirkabel melalui Bluetooth *Low Energy* (BLE). Teknologi ini memungkinkan sistem untuk melakukan estimasi jarak berbasis visual secara *real-time*, lalu mengirimkan data ke aplikasi *mobile*. Meskipun hanya menggunakan satu mikrokontroler utama, integrasi antara pengolahan citra dan komunikasi data membutuhkan pemahaman dari berbagai disiplin ilmu, seperti *embedded system*, *computer vision*, dan komunikasi nirkabel.

2. Algoritma Pemrosesan Data *Real-Time*

Pengembangan algoritma yang mampu menghitung jarak aman secara dinamis berdasarkan kecepatan kendaraan, kondisi jalan, dan waktu reaksi pengemudi merupakan inti dari sistem ini. Algoritma harus mampu memproses data secara *real-time* untuk memberikan peringatan tepat waktu kepada pengemudi. Ini memerlukan pemrosesan data yang cepat dan akurat, serta kemampuan untuk menyesuaikan perhitungan berdasarkan variabel lingkungan yang berubah-ubah.

3. Desain Sistem Modular dan Efisiensi Energi

Pendekatan modular dalam desain sistem memungkinkan peningkatan atau penggantian komponen dengan mudah, yang penting untuk menjaga fleksibilitas dan skalabilitas sistem. Selain itu, sistem harus dirancang untuk menggunakan sumber daya energi secara efisien, memanfaatkan daya dari baterai kendaraan tanpa membebani sumber daya, terutama selama perjalanan jarak jauh.

4. Komunikasi dan Integrasi Data

Sistem ini menggunakan teknologi Bluetooth *Low Energy* (BLE) untuk mentransmisikan data jarak dari ESP32-CAM ke perangkat *mobile* secara cepat dan efisien. Salah satu tantangan utama adalah menjaga kestabilan koneksi serta memastikan data dapat diterima tanpa jeda yang mengganggu. Proses estimasi jarak dan pengiriman informasi berlangsung secara berkesinambungan, sehingga status jarak aman dapat segera ditampilkan kepada pengemudi.

Dengan pendekatan ini, Sistem Penjaga Jarak Aman Kendaraan diharapkan mampu menjadi solusi inovatif yang mendukung keselamatan berkendara, menekan

potensi kecelakaan, dan menyajikan informasi penting secara instan untuk membantu pengemudi mengambil keputusan dengan lebih tepat di jalan.

1.2 Analisa Masalah

Ada beberapa permasalahan yang menjadi dasar pengembangan sistem ini. Pertama, banyak pengemudi yang kurang menyadari pentingnya menjaga jarak aman antar kendaraan, terutama saat berkendara dengan kecepatan tinggi, sehingga risiko tabrakan menjadi tinggi. Kedua, kondisi jalan di luar kota yang bervariasi mulai dari jalan lurus hingga berliku juga berkontribusi terhadap risiko kecelakaan jika jarak aman antar kendaraan tidak dipantau secara ketat.

Memahami secara mendalam teknologi yang digunakan untuk merancang sistem pemantauan posisi kendaraan secara *real-time* sangat penting untuk keberhasilan proyek ini. Faktor-faktor teknis seperti jangkauan komunikasi, konsumsi daya, dan akurasi adalah elemen kunci yang akan mempengaruhi tingkat kompleksitas dari tantangan yang akan dihadapi. Pada sub bab 1.2 (Analisa Masalah) ini, dilakukan analisis mendalam mengenai aspek teknis, teknologi yang digunakan, pemrosesan data, desain sistem dan arsitektur, serta tantangan teknis.

1.2.1 Aspek Teknis

Aspek teknis berkaitan dengan proses pembuatan prototipe, meliputi pemilihan perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai, spesifikasi teknis yang harus dipenuhi, serta estimasi biaya yang diperlukan. Pengkajian aspek teknis bertujuan untuk memberikan batasan-batasan yang realistis terkait dengan hasil akhir prototipe yang akan dikembangkan.

Tujuan pengkajian aspek teknis dalam studi kelayakan adalah:

1. Merumuskan perencanaan yang realistis dan terukur dari segi teknis.
2. Hasil pengkajian aspek teknis dapat menjadi pertimbangan dalam analisis aspek lain, seperti estimasi biaya pada aspek finansial.

Dalam konteks "Sistem Penjaga Jarak Aman Kendaraan", aspek teknis mencakup beberapa faktor penting, antara lain:

1.2.2 Aspek Ekonomi

Sistem ini memiliki potensi penghematan biaya yang signifikan. Dengan mengurangi kemungkinan kecelakaan lalu lintas, biaya perbaikan mobil, klaim asuransi, dan perawatan medis akibat kecelakaan dapat dikurangi. Peningkatan keselamatan berkendara juga menguntungkan ekonomi, terutama dengan mengurangi waktu yang terbuang akibat kecelakaan. Meskipun ada biaya awal untuk membangun dan menerapkan sistem ini, keuntungan jangka panjangnya dapat membantu mengurangi biaya yang ditimbulkan oleh kecelakaan.

1.2.3 Aspek Kesehatan

Keberadaan sistem ini dapat menguntungkan kesehatan penumpang dan pengemudi. Dengan mengurangi risiko kecelakaan, kematian dan cedera di jalan raya dapat dikurangi. Dengan memberikan peringatan dini kepada pengemudi, sistem ini juga membuat berkendara lebih aman dan menurunkan stres yang disebabkan oleh situasi lalu lintas yang tidak terduga. Rasa aman yang meningkat ini dapat berdampak pada kesejahteraan fisik dan mental pengemudi.

1.2.4 Aspek Lingkungan

Sistem ini dapat membantu menjaga infrastruktur jalan dalam kondisi yang baik dari perspektif lingkungan. Dengan mengurangi jumlah kejadian kecelakaan dan pengereman tiba-tiba, tingkat kerusakan jalan akibat tabrakan dapat dikurangi, yang berarti jalan lebih tahan lama dan tidak perlu diperbaiki secara berkala. Selain itu, berkurangnya jumlah kecelakaan juga dapat menurunkan risiko pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh tumpahan bahan bakar atau oli dari kendaraan yang rusak akibat tabrakan, yang membantu menjaga lingkungan di sekitar jalan raya tetap bersih.

1.2.5 Aspek Sosial

Dari perspektif sosial, keberhasilan sistem ini sangat bergantung pada penerimaan masyarakat. Oleh karena itu, penting bagi pengemudi untuk edukasi tentang pentingnya menjaga jarak aman dan memastikan bahwa sistem dapat diakses oleh banyak orang, seperti pengguna kendaraan umum atau pribadi, akan membantu mendorong adopsi teknologi ini. Dengan demikian, manfaat dari sistem ini dapat dirasakan secara lebih luas oleh seluruh masyarakat.

1.2.6 Teknologi dan Komponen yang Digunakan

Untuk membangun sistem penjaga jarak aman kendaraan, beberapa teknologi dan komponen utama diperlukan. Komponen-komponen ini harus dapat bekerja secara harmonis untuk mendeteksi jarak antar kendaraan dan memberikan peringatan kepada pengemudi.

a. Sensor Pengukur Jarak

1. ESP32-CAM merupakan modul kamera digital yang digunakan untuk menangkap citra objek di depan kendaraan secara *real-time*. Modul ini memanfaatkan pendekatan *computer vision* berbasis kamera monokular untuk mendeteksi objek dan menghitung estimasi jarak berdasarkan lebar objek dalam satuan piksel. Metode ini memungkinkan estimasi jarak dilakukan dengan efisien tanpa memerlukan sensor tambahan.

b. Sistem *Embedded* dan Antarmuka Pemrograman

1. ESP32-CAM *Downloader* adalah Modul *downloader* digunakan untuk melakukan pemrograman awal pada ESP32-CAM melalui koneksi USB. Perangkat ini memungkinkan transfer kode Arduino dari komputer ke ESP32-CAM secara langsung, dan menjadi bagian penting dalam proses pengembangan dan debugging sistem.
2. Sistem memperoleh asupan daya dari aki kendaraan yang dikonversi melalui inverter menjadi tegangan USB 5V. Hal ini memungkinkan perangkat bekerja secara mandiri tanpa harus bergantung pada sistem kelistrikan utama kendaraan.

c. Aplikasi *Mobile*

Aplikasi *Mobile* Berbasis Flutter untuk menampilkan hasil estimasi jarak kepada pengguna, dikembangkan sebuah aplikasi mobile menggunakan *framework* Flutter. Aplikasi ini menerima data jarak dari ESP32-CAM melalui koneksi Bluetooth *Low Energy* (BLE) dan menampilkannya secara *real-time* dalam bentuk teks atau grafik. Penggunaan Flutter memungkinkan pengembangan aplikasi yang responsif dan kompatibel dengan berbagai perangkat.

d. Algoritma Penjaga Jarak

Algoritma yang digunakan dalam sistem ini bertujuan untuk mengestimasi jarak antara kendaraan dengan objek di depannya berdasarkan ukuran objek dalam piksel yang tertangkap oleh kamera ESP32-CAM. Berbeda dari pendekatan berbasis kecepatan kendaraan atau kondisi jalan, sistem ini mengandalkan metode pengolahan citra visual monokular yang lebih sederhana dan ringan.

1. Estimasi berbasis lebar objek

Sistem mengukur lebar objek dalam citra grayscale, lalu menghitung jarak menggunakan rumus proporsional berdasarkan *focal length* yang telah dikalibrasi. Semakin besar lebar objek dalam piksel, semakin dekat jarak objek tersebut terhadap kamera.

2. Analisis visual langsung

Tidak diperlukan data kecepatan kendaraan, waktu reaksi pengemudi, atau sensor tambahan. Estimasi jarak didasarkan sepenuhnya pada pengolahan visual terhadap gambar yang diambil oleh ESP32-CAM secara *real-time*.

e. Sistem Peringatan

1. Peringatan Visual: Menggunakan layar *mobile* pengemudi yang menginformasi ketika jarak aman tidak terpenuhi.
2. Peringatan Audio: Pemberitahuan suara yang memberikan peringatan langsung kepada pengemudi jika terlalu dekat dengan kendaraan di depannya.

f. Teknologi Komunikasi

Teknologi komunikasi yang digunakan dalam sistem ini adalah Bluetooth *Low Energy* (BLE). Sistem ini menghubungkan ESP32-CAM dengan aplikasi mobile untuk mengirimkan data estimasi jarak secara *real-time*.

BLE digunakan karena hemat daya, kompatibel dengan berbagai perangkat mobile modern, dan memiliki latensi yang rendah. Melalui BLE, data jarak yang dihitung oleh

ESP32-CAM dikirim langsung ke aplikasi *mobile* yang dikembangkan dengan Flutter, tanpa memerlukan koneksi internet atau perangkat tambahan lainnya.

1.2.7 Pemrosesan Data

Sistem Penjaga Jarak Aman Kendaraan yang diusulkan memerlukan beberapa elemen penting untuk memastikan operasinya berjalan dengan baik dan efektif. Salah satu aspek kunci dari sistem ini adalah pemrosesan data secara *real-time*. Data yang dihasilkan dari perangkat seperti kamera harus diproses dengan sangat cepat agar sistem dapat memberikan peringatan tepat waktu kepada pengemudi. Kamera akan menangkap visual di depan kendaraan. Pemrosesan data yang efisien akan memungkinkan pengemudi untuk segera mengambil tindakan jika sistem mendeteksi bahwa kendaraan berada dalam jarak yang tidak aman. Waktu reaksi menjadi sangat penting, terutama ketika berkendara di kecepatan tinggi, untuk mencegah potensi kecelakaan.

ESP32-CAM berperan penting dalam memastikan keandalan sistem dengan menganalisis visual kendaraan di depan. Melalui teknologi pemrosesan citra, ESP32-CAM dapat mendeteksi keberadaan kendaraan lain, dan memperkirakan jarak. Dengan memanfaatkan analisis visual secara *real-time*, sistem dapat menentukan jarak aman dan memberikan peringatan kepada pengemudi jika terdapat potensi risiko tabrakan.

1.2.8 Desain Sistem dan Arsitektur

Desain Sistem Penjaga Jarak Aman Kendaraan memanfaatkan sensor untuk mendeteksi jarak kendaraan di depan, yang kemudian diproses oleh mikrokontroler. Sensor pengukur jarak seperti kamera akan mengumpulkan data jarak secara *real-time*, yang dianalisis oleh mikrokontroler untuk menentukan apakah jarak aman. Jika jarak tidak memenuhi standar keselamatan, sistem akan memberikan peringatan visual atau audio kepada pengemudi.

Sistem ini dirancang dengan pendekatan modular, sehingga komponen seperti sensor, mikrokontroler, dan sistem peringatan bisa ditingkatkan atau diganti dengan mudah. Untuk menjaga efisiensi energi, sistem akan menggunakan sumber daya dari baterai kendaraan dengan konsumsi daya yang rendah, memastikan kinerja yang andal tanpa membebani sumber daya kendaraan, terutama selama perjalanan jarak jauh di luar kota.

1.2.9 Potensi Tantangan Teknis

Dalam pengembangan Sistem Penjaga Jarak Aman Kendaraan yang menggunakan kamera, terdapat beberapa tantangan teknis yang perlu diatasi. Salah satu tantangan utama adalah gangguan yang dapat mempengaruhi performa kamera dalam kondisi pencahayaan yang tidak konsisten, seperti bayangan tajam, silau, atau cahaya latar yang berlebihan.. Visual yang diambil oleh kamera dapat terganggu oleh elemen-elemen ini, sehingga mengurangi akurasi deteksi kendaraan di depan. Selain itu, objek non-kendaraan, seperti pohon atau rambu jalan, juga bisa menyebabkan kesalahan dalam analisis visual. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan gambar yang cerdas dan algoritma *computer vision* yang mampu menyaring *noise* serta mengidentifikasi kendaraan secara akurat, bahkan dalam kondisi visual yang kurang optimal.

Tantangan lain adalah kecepatan pemrosesan data. Sistem harus mampu memproses informasi dari kamera secara *real-time* untuk memberikan peringatan yang tepat waktu kepada pengemudi, terutama saat kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi. Penundaan dalam pemrosesan dapat menyebabkan keterlambatan dalam memberikan peringatan, yang pada akhirnya meningkatkan risiko kecelakaan. Selain itu, aspek skalabilitas juga penting, terutama jika sistem diterapkan pada kendaraan yang lebih besar seperti truk atau bus. Pada kendaraan besar, jarak aman harus lebih luas, sehingga algoritma harus disesuaikan untuk memastikan sistem dapat mengidentifikasi jarak aman dengan lebih akurat. Dengan pemrosesan visual yang cepat dan akurat, sistem dapat tetap efektif dalam berbagai situasi dan kondisi jalan.

1.3 Analisa Solusi yang Ada

Solusi yang diusulkan adalah mengembangkan sebuah sistem yang menggunakan sensor untuk mendeteksi jarak antara kendaraan secara *real-time*, dan memberi peringatan kepada pengemudi jika jarak aman tidak terpenuhi. Sistem ini akan menggunakan algoritma pemrosesan data yang akurat.

Data yang diperoleh dari sensor harus diproses secara *real-time* agar sistem dapat memberikan peringatan tepat waktu. Mikrokontroler atau prosesor berkecepatan tinggi seperti Raspberry Pi atau perangkat serupa akan memproses data dari sensor dan menghitung jarak aman. Pemrosesan yang cepat ini sangat penting untuk memberikan peringatan sebelum kendaraan mencapai jarak yang tidak aman [7].

Penggunaan sensor ultrasonik dan lidar mungkin tampak menarik karena kemampuannya dalam mendeteksi objek dengan presisi tinggi. Namun, kedua jenis sensor ini memiliki keterbatasan yang membuatnya kurang ideal untuk sistem yang dirancang bagi kendaraan yang bergerak cepat, terutama di luar kota. Salah satu kendala utama adalah biaya. Lidar, khususnya, dikenal sebagai teknologi yang mahal, yang dapat meningkatkan biaya produksi dan implementasi sistem secara keseluruhan, sehingga kurang terjangkau untuk aplikasi skala besar atau kendaraan umum.

Selain itu, sensor ultrasonik memiliki keterbatasan dalam hal jarak deteksi, efektif hanya pada jarak yang sangat dekat, biasanya dalam rentang 2 meter atau kurang. Jarak ini tidak memadai untuk menjaga keselamatan kendaraan yang melaju pada kecepatan tinggi, di mana jarak yang lebih besar diperlukan untuk berhenti dengan aman. *Reliance* pada sensor yang hanya mampu mendeteksi dalam jarak terbatas ini tidak memberikan waktu yang cukup bagi pengemudi untuk bereaksi terhadap potensi bahaya, membuat sistem kurang optimal untuk kendaraan cepat.

Sebaliknya, penggunaan kamera sebagai sensor utama menawarkan solusi yang lebih praktis dan terjangkau. Kamera, dengan teknologi *computer vision*, dapat memproses gambar secara *real-time* untuk mendeteksi dan menghitung jarak antar kendaraan dengan lebih efektif. Ini memungkinkan sistem untuk memberikan peringatan tepat waktu kepada pengemudi, bahkan dalam kondisi jalan yang bervariasi. Dengan demikian, kamera menjadi pilihan yang lebih sesuai untuk memenuhi kebutuhan sistem ini, mengingat keandalannya dalam berbagai situasi dan efisiensi biaya.

Sistem Penjaga Jarak Aman Kendaraan dirancang untuk menghitung estimasi jarak antar objek menggunakan data visual dari kamera ESP32-CAM. Meskipun sistem ini tidak secara langsung mengukur kecepatan kendaraan, konsep jarak aman tetap diterapkan dengan membandingkan hasil estimasi jarak terhadap nilai ambang batas (*threshold*) yang telah ditentukan. Pendekatan ini memungkinkan sistem memberikan peringatan kepada pengemudi saat jarak kendaraan terhadap objek di depannya dinilai terlalu dekat, sehingga tetap mendukung upaya pencegahan tabrakan secara dini.

Terakhir, algoritma harus memperhitungkan waktu reaksi pengemudi, yaitu waktu yang dibutuhkan pengemudi untuk merespons peringatan atau situasi darurat. Semakin lama waktu reaksi pengemudi, semakin panjang jarak aman yang diperlukan. Dengan mempertimbangkan

semua variabel ini, sistem dapat memberikan notifikasi kepada pengemudi pada waktu yang tepat, sehingga memungkinkan pengambilan tindakan yang cepat dan efektif [8].

1.3.1 Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Solusi yang Ada

Dalam pengembangan Sistem Penjaga Jarak Aman Kendaraan, berbagai solusi teknologi telah dipertimbangkan untuk mendeteksi jarak antar kendaraan secara *real-time* dan memberikan peringatan kepada pengemudi. Berikut adalah perbandingan antara kelebihan dan kekurangan dari solusi yang ada:

1. Kelebihan

Dalam sistem penjaga jarak aman kendaraan, *kamera* yang dilengkapi dengan teknologi *computer vision* memiliki beberapa keunggulan. *kamera* menjadi pilihan yang lebih hemat biaya untuk aplikasi skala besar karena lebih murah dibandingkan dengan teknologi LIDAR. Selain itu, sistem dapat menganalisis gambar secara langsung dan memberikan peringatan tepat waktu kepada pengemudi berkat kemampuan pemrosesan *real-time*, yang meningkatkan responsivitas terhadap kondisi lalu lintas yang berubah-ubah. Keunggulan tambahan adalah fleksibilitas *kamera*, yang memungkinkannya mendeteksi kendaraan di depan dengan lebih akurat dalam berbagai kondisi jalan dan cuaca. Selain itu, sistem ini memiliki algoritma dinamis yang mampu menyesuaikan jarak aman berdasarkan kecepatan kendaraan, memastikan sistem dapat beradaptasi dengan berbagai situasi berkendara. Algoritma ini juga mempertimbangkan kondisi jalan dan waktu reaksi pengemudi, sehingga perhitungan jarak aman yang diberikan lebih relevan dan akurat dalam berbagai kondisi lalu lintas.

2. Kekurangan

Sistem ini pun memiliki beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah keterbatasan LIDAR dan sensor ultrasonik. Meskipun keduanya dikenal memiliki presisi yang tinggi, mereka lebih mahal untuk digunakan secara luas, terutama pada kendaraan umum. Selain itu, sensor ultrasonik hanya berfungsi pada jarak yang sangat dekat, sehingga tidak cocok untuk kendaraan yang bergerak cepat, terutama dalam situasi lalu lintas yang memerlukan kecepatan tinggi. Sistem ini juga tidak hanya menghadapi keterbatasan

sensor, tetapi juga menghadapi masalah lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerjanya. Salah satu kendala utamanya adalah gangguan visual, di mana kamera dapat mengalami masalah saat cuaca buruk seperti hujan atau kabut, yang dapat mengganggu deteksi dan analisis visual. Untuk membedakan antara kendaraan dan objek non-kendaraan adalah masalah tambahan dalam teknologi *computer vision*. Kesalahan dalam proses klasifikasi ini dapat menyebabkan peringatan yang tidak relevan atau salah deteksi, yang dapat menyebabkan sistem secara keseluruhan kurang efektif.

Berdasarkan rangkuman yang diatas berikut kelebihan dan kekurangan masing-masing solusi yang sudah ada:

Tabel 1.1 Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Solusi yang Ada

Solusi	Kelebihan	Kekurangan
Kamera	- Cocok untuk aplikasi skala besar, lebih hemat biaya daripada LIDAR - Beradaptasi dengan berbagai kondisi jalan dan cuaca - Untuk menghasilkan perhitungan jarak aman yang lebih akurat, pertimbangkan kondisi jalan dan waktu reaksi pengemudi. - Memproses gambar secara <i>real-time</i> dan memberikan peringatan kepada pengemudi tepat waktu	- Mengalami gangguan visual saat cuaca buruk seperti hujan atau kabut, yang dapat mengganggu deteksi dan analisis visual - Sulit untuk membedakan kendaraan dari objek non-kendaraan, yang dapat menyebabkan peringatan yang salah deteksi atau tidak relevan
Lidar	- Mendeteksi kendaraan dengan sangat akurat.	- Mahal, tidak ideal untuk digunakan secara luas di kendaraan umum.
Sensor Ultrasonik	- Mampu mendeteksi objek dengan akurasi tinggi dari jarak yang sangat dekat.	- Hanya berfungsi pada jarak yang sangat dekat dan tidak sesuai untuk kendaraan yang bergerak cepat, terutama dalam lalu lintas yang membutuhkan pengereman panjang.

Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan ini, penggunaan kamera dengan teknologi *computer vision* dan algoritma dinamis menjadi solusi yang lebih praktis dan efektif untuk Sistem Penjaga Jarak Aman Kendaraan. Solusi ini menawarkan keseimbangan antara biaya, keandalan, dan kemampuan adaptasi terhadap berbagai kondisi berkendara.

1.4 Kesimpulan dan Ringkasan CD-1

Untuk menghadapi dalam melakukan berkendara agar dapat mencegah dari terjadinya kecelakaan lalu lintas di jalan raya dan dapat mengestimasi jarak terhadap kendaraan lainnya di jalan raya, proyek 'Sistem Penjaga Jarak Aman Kendaraan' diharapkan dapat menjadi solusi yang efektif untuk membantu pengemudi dalam berkendara. Dengan proyek pada sistem ini dapat memberikan informasi jarak pada setiap kendaraan dan koordinat kendaraan secara *real-time* dan akurat. Sistem ini diharapkan dapat membantu pengemudi dalam membuat keputusan lebih aman dalam menjaga jarak antar kendaraan dan berkendara dengan lebih efisien, agar dapat mengurangi risiko terjadinya kecelakaan lalu lintas dan aman dalam berkendara.