

PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN KECEPATAN KENDARAAN DIJALAN PERUMAHAN MENGGUNAKAN KAMERA BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Daanish Abdul Rabbani
Prodi S1 Teknik Komputer
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
daanish@student.telkomuniversity.ac.id

Triwardana Tegar Pramudya
Prodi S1 Teknik Komputer
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
triwardana@student.telkomuniversity.ac.id

Augryes Farha S.N.
Prodi S1 Teknik Komputer
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
line 5:
augryesfarhas@student.telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kecepatan kendaraan yang tidak terkendali di kawasan perumahan merupakan faktor signifikan yang meningkatkan risiko kecelakaan, khususnya bagi anak-anak dan pejalan kaki sebagai kelompok paling rentan. Lingkungan perumahan semestinya menjadi area yang aman, tertib, dan nyaman, namun masih banyak pengendara yang mengabaikan batas kecepatan yang berlaku. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan kecepatan kendaraan berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan integrasi kamera, algoritma deteksi objek YOLO (You Only Look Once), serta perangkat Mini PC sebagai pusat pemrosesan data. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi kendaraan secara real-time, menghitung kecepatan melalui analisis pergerakan objek dalam video, dan mengidentifikasi pelanggaran apabila laju kendaraan melebihi batas 30 km/jam. Kemampuan sistem ini memberikan notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram, dengan informasi yang disampaikan meliputi data kecepatan, waktu, lokasi, serta bukti berupa citra kendaraan. Selain itu, data pelanggaran disimpan ke dalam layanan cloud Firebase yang tidak hanya berfungsi sebagai dokumentasi, tetapi juga mendukung analisis jangka panjang guna mengidentifikasi pola pelanggaran lalu lintas, seperti jam-jam rawan dan tingkat kepatuhan pengendara. Dengan pendekatan tersebut, sistem yang dikembangkan menawarkan solusi efektif, efisien, hemat biaya, serta relatif mudah diimplementasikan, sehingga dapat meningkatkan kesadaran pengendara terhadap keselamatan dan menciptakan lingkungan perumahan yang lebih aman, tertib, dan ramah bagi seluruh penghuni.

Kata kunci—Pemantau Kecepatan, IoT, YOLO, Mini PC, Raspberry Pi, Firebase, Telegram.

I. PENDAHULUAN

Keamanan lalu lintas di lingkungan perumahan sering kali kurang diperhatikan. Kendaraan bermotor yang melintasi perumahan menimbulkan ancaman nyata bagi keselamatan warga, terutama anak-anak yang sering beraktivitas di jalan sekitar rumah. Lebih dari 139 ribu kecelakaan lalu lintas terjadi di seluruh negeri pada tahun 2022, dengan lebih dari

28 ribu korban jiwa, dengan kecepatan berlebihan sebagai penyebab utama[1]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa perilaku pengendara yang tidak mematuhi batas kecepatan secara signifikan meningkatkan risiko kecelakaan di daerah padat penduduk, meskipun data tentang kawasan perumahan tidak cukup.

Sebagai contoh, peraturan pemerintah seperti Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2013 dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 111 Tahun 2015 telah memberikan dasar hukum yang kuat untuk menetapkan batas kecepatan 30 km/jam di kawasan perumahan[2][3]. Namun, masih ada masalah dalam menerapkan dan menerapkan aturan ini, terutama dalam hal pengawasan langsung di lapangan.

Dengan kemajuan teknologi, solusi yang bergantung pada *Internet of Things* (IoT) dan *computer vision* tersedia untuk mengatasi masalah ini. Sistem pemantauan kecepatan kendaraan dapat dirancang untuk bekerja secara real-time, hemat biaya, dan mudah digunakan di lingkungan perumahan dengan menggunakan kamera, algoritma deteksi objek seperti YOLO (*You Only Look Once*), dan perangkat pemrosesan edge seperti Raspberry Pi atau *Mini PC*. Sistem ini tidak hanya mendeteksi kendaraan yang melampaui batas kecepatan, tetapi juga dapat mengirimkan notifikasi otomatis melalui *platform* digital seperti Telegram. Selain itu, data pelanggaran dapat disimpan ke basis data *cloud* seperti Firebase untuk analisis dan dokumentasi jangka panjang.

Metode ini memungkinkan penelitian ini berkonsentrasi pada pengembangan sistem pemantauan kecepatan kendaraan di jalan perumahan yang menggunakan kamera berbasis *Internet of Things* (IoT). Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas dan ketertiban lalu lintas sekaligus membantu menciptakan lingkungan tinggal yang lebih aman dan nyaman.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet Of Things

IoT adalah sebuah gagasan yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet sehingga tidak hanya sebatas pada perangkat komputer atau *smartphone*, melainkan juga mencakup berbagai objek fisik dalam kehidupan sehari-hari. Pada intinya, IoT merujuk pada objek yang dapat dikenali secara unik sebagai representasi digital di dalam struktur yang berbasis internet[4]. Komponen utama IoT terdiri dari:

1. Perangkat (*Things*) – Sensor, kamera, atau perangkat yang mengumpulkan data.
2. Jaringan – Media komunikasi yang menghubungkan perangkat dengan sistem pusat, bisa berupa Wi-Fi, LAN, atau protokol khusus IoT lainnya.
3. Platform – Berupa server atau *cloud* yang dapat menyimpan, memproses, dan menganalisis data.
4. Aplikasi – Antarmuka yang menampilkan data ke pengguna dalam bentuk informasi.

B. Kamera sebagai Sensor Visual

Kamera berperan sebagai sensor utama. Kamera menangkap citra kendaraan lalu diproses dengan algoritma *computer vision* untuk mendeteksi objek dan menghitung kecepatannya berdasarkan pergerakan antar *frame*. Fungsi utama kamera dalam sistem ini adalah:

1. Mengidentifikasi kendaraan yang melaju.
2. Menghitung kecepatan kendaraan.
3. Menghasilkan bukti berupa gambar.

C. Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan komputer mini yang berfungsi sebagai unit pemrosesan utama dalam berbagai aplikasi berbasis IoT. Dengan dukungan kamera, perangkat ini mampu menangkap serta memproses video menggunakan pustaka OpenCV dan algoritma YOLO.

D. Mini PC

Mini PC merupakan alternatif unit pemrosesan utama dengan kemampuan komputasi yang lebih tinggi dibandingkan Raspberry Pi. Dengan prosesor dan memori yang lebih kuat, Mini PC mampu melakukan pemrosesan video dan algoritma deteksi objek secara lebih cepat dan akurat. Mini PC cocok digunakan pada skenario dengan kebutuhan kinerja tinggi serta skala implementasi yang lebih besar, meskipun membutuhkan konsumsi daya yang lebih besar dibandingkan Raspberry Pi.

E. YOLO (*You Only Look Once*) dan OpenCV

YOLO (*You Only Look Once*) adalah salah satu metode deteksi objek *real-time* yang memiliki kecepatan tinggi dan tingkat akurasi yang baik. Metode ini bekerja dengan langsung mendeteksi objek pada gambar atau video tanpa memerlukan tahapan tambahan seperti region proposal, sehingga menjadikannya sangat efektif untuk aplikasi yang membutuhkan pemrosesan secara waktu nyata[5], disisi lain OpenCV merupakan pustaka pemrosesan citra yang banyak digunakan untuk membantu tahap praproses sebelum data diproses lebih lanjut oleh YOLO. Pustaka ini menyediakan berbagai fungsi seperti penyesuaian citra, deteksi pola, dan

ekstraksi fitur yang mendukung efisiensi pengolahan gambar. Kombinasi antara YOLO dan OpenCV mampu menghasilkan sistem deteksi objek yang cepat, efisien, serta dapat diterapkan pada berbagai kebutuhan, termasuk sistem pemantauan lalu lintas dan pengenalan kendaraan.

F. Basis Data *Cloud* (Firebase)

Firebase merupakan platform yang digunakan untuk menyimpan data secara *real-time*. Sistem pemantauan kecepatan menyimpan informasi pelanggaran seperti jenis kendaraan, kecepatan dan waktu pelanggaran di Firebase.

G. Telegram Bot sebagai Media Notifikasi

Telegram menyediakan API bot yang memungkinkan sistem mengirimkan pesan otomatis kepada pengguna. Dalam sistem deteksi pemantauan kecepatan di daerah perumahan, Telegram digunakan untuk mengirim notifikasi pelanggaran kepada petugas keamanan maupun warga perumahan. Fitur Telegram Bot meliputi:

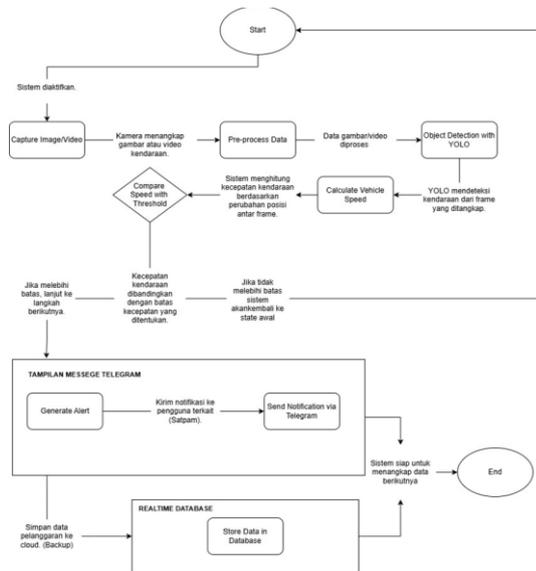
1. Mengirimkan teks, gambar, dan data kecepatan kendaraan.
2. Memberikan perintah (*command*) untuk mengatur parameter sistem.
3. Menyediakan komunikasi dua arah antara sistem dan juga pengguna.

III. METODE

Metode pengujian yang dilakukan menggunakan pendekatan kalibrasi langsung dilapangan, tujuannya untuk memastikan setiap sistem baik perangkat keras dan perangkat lunak, bekerja sesuai fungsi yang dirancang dan memberikan hasil yang akurat. Parameter dari kalibrasi yang dipakai mencakup, kamera, pengukuran jarak antar frame, sampai keakuratan deteksi kecepatan dan objek menggunakan mode YOLOv8 *Pre-Trained*.

A. Perancangan Sistem

Sistem ini telah dirancang berbasis IoT menggunakan Raspberry Pi 4 Model B atau Mini PC sebagai controller portabel untuk pemrosesan, menggunakan webcam sebagai sensor visual, serta memakai YOLOv8 *Pre-Trained* untuk deteksi kecepatan dan *object* kendaraan. Data pelanggaran di simpan di Firebase Realtime Database sedangkan notifikasi pelanggaran ke pengguna melalui Telegram Bot yang sudah dimasukkan di *grup chat* yang berisi warga sekitar



GAMBAR 1
(Flowchart Sistem)

B. Prosedur Implementasi

Tahapan yang dilakukan saat pengimplementasian dilakukan dengan tahap tahap seperti berikut:

- Kamera dipasang di ketinggian 4,2 meter sesuai kondisi lapangan yang kita pilih menjadi lokasi sistem tersebut, dan dimiringkan dengan sudut kemiringan 25 derajat untuk memperoleh sudut pandang *bird eye*, agar optimal dalam mendeteksi objek yang melintas.
- Konfigurasi perangkat keras dan lunak. Disistem ini menggunakan Raspberry Pi 4 model B dan Mini PC, dan diinstall Python, Open CV, YOLOv8, serta dependensi lainnya.
- Integrasi algoritma YOLOv8. Model yang digunakan dalam sistem untuk mendeteksi kecepatan kendaraan dan deteksi objek dalam frame video.
- Perhitungan kecepatan. Untuk menghitung kecepatan menggunakan rumus fisika dasar yaitu:

$$v = \frac{d}{t}$$

Dengan d merupakan jarak tempuh hasil konversi piksel ke meter dan t merupakan waktu tempuh antar frame dari konversi piksel ke meter.

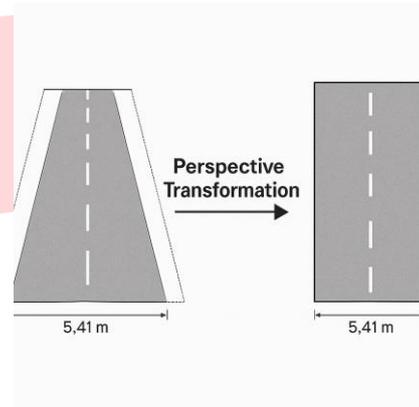
- Notifikasi pelanggaran. Jika kecepatan melebihi batas 30 km/jam, maka sistem akan mengirimkan notifikasi pelanggaran tersebut melalui pesan otomatis dari Telegram Bot, yang berisi teks gambar bukti, waktu, dan kecepatan kendaraan.
- Penyimpanan data. Informasi pelanggaran dan status kamera disimpan ke Firebase untuk analisis dan dokumentasi jangka panjang.

C. Kalibrasi Sistem

Kalibrasi merupakan tahapan yang krusial agar perhitungan kecepatan dan deteksi objek dari sensor visual bisa lebih akurat, di dalam pengembangan sistem ini ada 3 aspek utama menjadi variabel pengkalibrasian yaitu, posisi kamera, konversi piksel ke meter, serta pengendalian noise citra.

- Kalibrasi Kamera

Kamera ditempatkan di ketinggian 4,2 meter dari tanah dengan sudut kemiringan 25 derajat, posisi ini ditentukan agar kamera dapat menangkap pergerakan kendaraan dari titik masuk sampai keluar frame. Sudut kamera sangat mempengaruhi akurasi, karena sudut kemiringan kamera menyebabkan distorsi perspektif sehingga jarak antar piksel tidak proposional terhadap jarak riil dilapangan. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan perspective transformation menggunakan 4 titik acuan dalam frame yang tertangkap kamera.



GAMBAR 2
(Perspective Transformation)

- Kalibrasi Konversi Piksel ke Meter

Dari sensor visual sistem ini mendeteksi perpindahan objek dalam satuan piksel. Agar dapat dikonversi ke satuan km digunakan metode *ground truth*, jarak nyata dilapangan dari ujung frame sampai ujung frame lainnya berjarak 8 meter, lalu dihitung jaraknya dalam piksel. Rasio konversi yang diperoleh, dari perbandingan jarak nyata dan jarak atau jumlah piksel yaitu:

$$Scale\ Factor = \frac{Jarak\ Riil\ (meter)}{Jarak\ Piksel}$$

Dari hasil yang diperoleh dari rasio perbandingan jarak riil (meter) dan jarak piksel dipakai di dalam rumus untuk menghitung kecepatan menjadi:

$$v = \frac{d}{t} = \frac{(\Delta p \times Scale\ Factor)}{t}$$

Diketahui Δp merupakan perpindahan piksel kendaraan sedangkan t adalah selisih waktu antar frame atau perpindahan objek.

D. Pengujian Sistem

Beberapa skenario utama digunakan untuk melakukan pengujian sistem di lapangan di lingkungan jalan perumahan. Pertama, pengujian deteksi kendaraan dilakukan untuk mengetahui seberapa baik algoritma YOLO mengidentifikasi

kendaraan dalam berbagai kondisi pencahayaan, baik siang maupun malam. Selanjutnya, pengujian akurasi perhitungan kecepatan dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan sistem dengan data kecepatan aktual yang diperoleh dari kedua aplikasi speedometer digital dan speedometer kendaraan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan deviasi nilai pengukuran. Pengujian selanjutnya berkonsentrasi pada notifikasi pelanggaran; pengujian tersebut menguji kemampuan sistem untuk mengirimkan pesan otomatis melalui Telegram bersama dengan bukti gambar kendaraan. Selain itu, pengujian penyimpanan data dilakukan untuk memastikan bahwa semua informasi pelanggaran, termasuk jenis kendaraan, kecepatan, waktu, dan lokasi, telah disimpan dengan benar di Firebase. Pengujian ini dilakukan di lapangan agar untuk menentukan apakah Raspberry Pi dan Mini PC layak untuk digunakan di lapangan, perbandingan performa keduanya dilakukan dengan menggunakan pengukuran frame per second (FPS), latency, dan stabilitas sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini mengembangkan sistem pemantauan kecepatan kendaraan berbasis kamera yang terintegrasi dengan algoritma Telegram, YOLO, dan Firebase. Sistem ini diuji pada dua perangkat, Mini PC dan Raspberry Pi 4 Model B, dan kemudian diuji pada berbagai kondisi di jalan perumahan.

TABEL 1
(Pengujian Menggunakan Monitor)

Truth (km/h)	Detection (km/h)	Error (km/h)	Percentage E (%)
10	8.2	1.80	18.00
20	20.3	0.30	1.50
30	36.0	6.00	20.00
40	42.0	2.00	5.00
Average		2.53	11.13

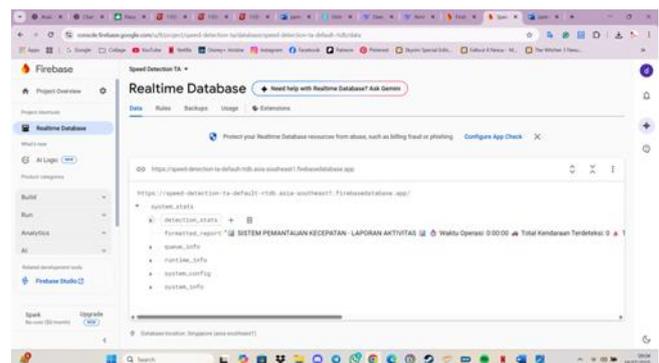
Sistem menghasilkan penghitungan kecepatan kendaraan yang cukup akurat, dengan deviasi 2,53 km/jam dan rata-rata persentase error di 11,13% dibandingkan dengan kecepatan sebenarnya yang diukur melalui aplikasi speedometer digital dan speedometer kendaraan. Selain kestabilan posisi kamera, faktor kalibrasi piksel ke meter memengaruhi deviasi ini. Akurasi dapat ditingkatkan lebih jauh dengan meningkatkan kalibrasi perspektif dan menambahkan filter untuk mengurangi *overshot*.

Secara otomatis, notifikasi pelanggaran dikirim melalui Telegram dalam bentuk teks yang mencakup gambar kendaraan, kecepatan, waktu, dan lokasi pelanggaran. Dengan keterlambatan pengiriman pesan rata-rata antara 1 dan 3 detik setelah kendaraan melintas, sistem dapat dikategorikan secara real-time.



GAMBAR 3
(Notifikasi Pelanggaran Pada Telegram)

Sementara itu, dalam hal penyimpanan data, seluruh data pelanggaran tersimpan secara terstruktur di Firebase dan dapat diakses untuk analisis dan dokumentasi jangka panjang.



GAMBAR 4
(Isi Firebase Realtime Database)

Hasil perbandingan performa perangkat keras menunjukkan bahwa Mini PC memiliki kemampuan pemrosesan yang lebih baik dibandingkan Raspberry Pi. Mini PC dapat mencapai frame rate antara 15 dan 20 FPS dengan latency rendah, sedangkan Raspberry Pi hanya dapat mencapai 5 hingga 8 FPS. Akibatnya, Raspberry Pi lebih cocok untuk penggunaan skala kecil dengan biaya yang lebih rendah, sedangkan Mini PC lebih cocok untuk penggunaan skala besar yang membutuhkan kecepatan tinggi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat memantau kecepatan kendaraan di jalan perumahan secara efektif dan memerlukan biaya yang relatif terjangkau untuk digunakan. Namun, ada beberapa keterbatasan. Yang paling menonjol adalah pencahayaan rendah, stabilitas deteksi kendaraan saat kendaraan bergerak cepat, dan jumlah daya komputasi yang tersedia untuk Raspberry Pi.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan melalui penggunaan kamera inframerah atau sensor tambahan untuk mendukung pemantauan malam hari, integrasi *Optical Character Recognition* (OCR) untuk membaca nomor kendaraan, dan peningkatan stabilitas algoritma pelacakan kendaraan. Selain itu, menerapkan akselerator edge AI seperti Google Coral atau Intel Movidius pada Raspberry Pi dapat menjadi solusi untuk meningkatkan kinerja tanpa mengorbankan efisiensi dan daya.

V. KESIMPULAN

Dengan menggunakan algoritma YOLO, platform Telegram, dan basis data cloud Firebase, penelitian ini membuat sistem pemantauan kecepatan kendaraan berbasis kamera yang dapat mendeteksi dan menghitung kecepatan kendaraan secara real-time serta mengirimkan peringatan otomatis apabila batas kecepatan terlampaui. Hasil pengujian menunjukkan tingkat deviasi pengukuran rata-rata sebesar 2,53 km/jam dan persentase error sekitar 11,13%, yang masih dapat diterima untuk aplikasi di lingkungan perumahan.

Sistem dapat dikategorikan sebagai cukup real-time untuk mendukung pengawasan karena notifikasi pelanggaran yang dikirim melalui Telegram responsif dengan keterlambatan hanya 1 hingga 3 detik. Seluruh catatan pelanggaran juga tersimpan dengan baik pada Firebase, yang memudahkan analisis dan dokumentasi lanjutan.

Untuk perangkat keras, Mini PC menawarkan performa yang lebih baik dengan frame rate hingga 20 FPS dan latensi rendah, menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk penggunaan dalam skala besar. Sebaliknya, Raspberry Pi adalah pilihan yang lebih hemat biaya dan hemat daya, meskipun memiliki *frame rate* yang lebih rendah (5–8 FPS).

Secara keseluruhan, sistem ini menawarkan alternatif yang efisien dan murah yang meningkatkan keamanan lalu lintas

di kawasan perumahan. Namun, masalah seperti akurasi pada kondisi cahaya rendah dan masalah komputasi perangkat harus diatasi pada pengembangan berikutnya. Pengembangan seperti penggunaan kamera inframerah, akselerator edge AI, dan integrasi OCR untuk identifikasi plat nomor adalah contohnya. Sistem dapat menjadi pilihan yang lebih andal untuk membuat tempat tinggal yang aman, aman, dan cerdas dengan perbaikan ini.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik, *Statistik Transportasi Darat 2023*. Jakarta, Indonesia: BPS, 2023.
- [2] Pemerintah Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2013 tentang Jaringan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta, Indonesia: Sekretariat Negara, 2013, pp. 1–51.
- [3] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 111 Tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Perhubungan RI, 2015.
- [4] P. Sokibi and A. Widjaja, "Implementasi perangkat IoT (Internet of Things) sebagai sistem pemantau dan pengendali kendaraan," *Bit (Fakultas Teknologi Informasi Universitas Budi Luhur)*, vol. 15, no. 1, 2018.
- [5] B. A. B. Saputra, M. A. D. Septiawan, M. A. Nashrullah, A. Kusumah, and P. Rosyani, "Implementasi YOLO dan OpenCV untuk Identifikasi Usia Dibawah Umur," *Jurnal AI dan SPK: Jurnal Artificial Intelligent dan Sistem Penunjang Keputusan*, vol. 1, no. 4, pp. 288–295, 2024.