

Perancangan Dan Implementasi Alat Pendeteksi Kecepatan Pada Kendaraan Bermotor Berbasis *Internet Of Things* Menggunakan Sensor HC-SR 04

1st Muhammad Pascal Kashfuzzunun
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
mpascalk@telkomuniversity.ac.id

2nd Iman Hedi Santoso
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
imanhedis@telkomuniversity.ac.id

3rd Fardan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
fardan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Dengan perkembangan penduduk yang semakin meningkat, maka semakin banyak juga para pengguna jalan. Terkhususnya di kota – kota besar di Indonesia. Hal tersebut juga menyebabkan angka pelanggaran dan angka kecelakaan semakin meningkat. Dimana hal tersebut dapat menyebabkan kerugian bagi pengendara itu sendiri dan pengendara yang lain. Maka dari itu, dalam Tugas Akhir ini dilakukan perancangan IoT pada sistem pendeteksi kecepatan dengan focus tugas akhir di pembuatan alat dan pengiriman data berupa angka dan gambar ke database. Perancangan ini meliputi hardware dan koneksi *Internet of Things* dengan website yang dibuat. Alat dirancang menggunakan *Arduino Nano, Esp 32 – Cam, Sensor Ultrasonik HC-SR 04 dan LCD*. Komponen tersebut dirangkai dengan ukuran panjang kurang lebih dua meter. Untuk database sendiri menggunakan *Realtime Database*. Berdasarkan hasil pengujian sistem perangkat, diketahui bahwa perangkat dapat menghitung kecepatan dan menangkap foto jika ada pengendara yang melanggar batas kecepatan yang sudah ditentukan. Data yang tercatat melanggar dapat terkirim ke database yang sudah disediakan. Proses pengiriman data dari alat menuju database menunjukkan bahwa *QoS* pada sistem ini termasuk kategori baik dengan masing masing nilai yaitu *throughput* sebesar 21.833 kbps, *delay* sebesar 0.191 s dan *packet loss* bernilai 0 %.

Kata kunci – *IoT, kecepatan, HC – SR04, ESP32 , arduino.*

I. PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia semakin bertambah juga pengguna kendaraan di jalan raya terkhususnya kota – kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Bandung, Surabaya dan kota besar lainnya. Sebagai contoh di Kota Bandung sendiri jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2019 yaitu sebanyak 1.009.443 [1]. Dikarenakan jumlah pengguna kendaraan bermotor yang semakin banyak menyebabkan pelanggaran – pelanggaran yang jika tidak diatasi akan menyebabkan kecelakaan yang sering terjadi. Contoh dari pelanggaran yang dapat menyebabkan kecelakaan yaitu kendaraan yang melewati batas maksimum dan knalpot yang mempunyai suara yang bising. Maka dari itu tujuan dari Tugas Akhir (TA) ini adalah untuk membantu mengurangi pelanggaran yang dapat menyebabkan kecelakaan di jalan raya.

Pada tahun 2020 berdasarkan data yang diambil dari data vertikal Kepolisian Republik Indonesia Daerah untuk jumlah pelanggaran yaitu sebanyak 74.819 kasus dan jumlah kecelakaan sebanyak 4.559 kasus. Sedangkan pada tahun 2021 untuk jumlah pelanggaran yaitu 10.196 kasus dan untuk kecelakaan sebanyak 2.147 kasus [2]. Jumlah tersebut mengalami penurunan yang signifikan dikarenakan pandemi yang sedang berlangsung di Indonesia.

Dengan perbandingan jumlah data yang sudah ada, penulis dan rekan mempunyai tujuan untuk membuat suatu alat yang dapat mendeteksi kecepatan dan kebisingan kendaraan, dimana ketika pengendara tersebut melanggar salah satu dari batas kecepatan dan kebisingan, alat ini akan mendeteksi hasil dari kecepatan dan desibel dari kendaraan yang melanggar dan juga gambar dari kendaraan tersebut. Alat ini nantinya akan mengirimkan hasil kecepatan dan desibel beserta gambar kendaraan yang melanggar ke database yang sudah disediakan dan akan diteruskan ke website untuk memonitor data dan mengirimkan pesan broadcast ke telegram. Alat ini 2 bertujuan untuk membuat pengendara lebih waspada agar semakin berkurang angka pelanggaran dan kecelakaan.

Pada TA ini penulis mendapatkan bagian untuk membuat sebuah alat yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan. Alat ini nantinya akan dipasang beberapa sensor seperti alat pengukur kecepatan menggunakan ESP32 – CAM sebagai mikrokontroler dan camera , *Arduino Nano* sebagai mikrokontroler dan sensor HC – SR04 Ultrasonic.

Pada penelitian sebelumnya terkait batas maksimum kecepatan kendaraan bermotor, data diambil dari Trans Jakarta. Pada penelitian tersebut melakukan pengujian sebanyak 20 kali. Data yang tertampil adalah nilai kecepatan (km/jam) dan waktu pengambilan data tersebut [3].

Data yang nanti dihasilkan adalah gambar yang ditangkap menggunakan *webcam* berbasis *microcontroller*. Data dari alat ini juga nantinya akan terkirim ke *database* yang sudah disediakan. Dari Tugas Akhir ini saya berharap dapat membantu untuk mengurangi angka pelanggaran dan kecelakaan di lalu lintas dan dapat menjadikan seluruh

pengendara kendaraan bermotor di Indonesia dapat taat dengan aturan yang ada dalam berkendara agar tidak terjadi hal - hal yang tidak diinginkan.

II. KAJIAN TEORI

A. Jalan

Menurut UU nomor 34 tahun 2006 disebutkan bahwa jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk di dalamnya bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel. Jalan mempunyai beberapa jenis seperti Jalan Raya yang bertujuan untuk melewati lalu lintas dari satu tempat ke tempat lain, Jalan Umum yang bertujuan untuk lalu lintas umum, Jalan Khusus jalan yang dibuat oleh instansi dan badan usaha, Jalan Tol atau jalan bebas hambatan adalah jalan umum yang merupakan sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol [4].

B. Internet Of Things

Internet of Things adalah suatu penemuan dalam bidang teknologi yang sedang marak dikembangkan dan mempunyai manfaat dari segi fungsionalitas dan mendukung kinerja tanpa kabel atau *wireless*. IoT sendiri ialah suatu jaringan yang saling berhubungan antar objek yang mempunyai suatu identitas seperti *Internet Protocol* (IP) *Address*, sehingga dapat saling bertukar informasi dan berkomunikasi.

Things pada IoT sendiri dapat didefinisikan sebagai subjek misalkan sebuah mobil yang dilengkapi sensor untuk memperingati si pengendara ketika tekanan ban rendah, sebuah lampu jalan yang akan menyala jika ada kendaraan yang terdeteksi dalam jarak sekian meter dan masih banyak lagi. IoT erat hubungannya dengan komunikasi *machine to machine* (M2M), kemampuan komunikasi M2M sering disebut dengan sistem cerdas atau *smart* [5].

IoT sendiri dapat bekerja ketika suatu benda dipasang IP *address* yang terhubung ke internet dan juga benda tersebut dipasang sebuah sensor. Sensor sendiri memiliki fungsi sebagai pengolah informasi pada benda dan juga berkomunikasi dengan benda – benda yang terpasang IP *address* yang terhubung ke internet. Setelah pemberian informasi selesai, benda tersebut dapat bekerja dengan sendirinya [6].

C. KECEPATAN

Kecepatan merupakan besaran turunan yang diturunkan dari besaran pokok panjang dan waktu, dimana rumus kecepatan adalah jarak dibagi waktu [7]. Kecepatan juga bisa diartikan seberapa cepat suatu benda berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Rumus dari kecepatan jika ditulis dalam bentuk fisika adalah

$$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

Satuan kecepatan yang biasa digunakan pada kehidupan sehari-hari adalah meter per detik dengan simbol m/s, kilometer per jam dengan simbol km/h, mil per jam

dengan simbol mph, knot yang merupakan singkatan dari *nautical mile per hour* yang biasa digunakan untuk satuan kecepatan pada kapal atau menghitung kecepatan di laut. Ada juga kecepatan cahaya dengan nilai presisinya adalah 299.793.458 m/s atau kurang lebih 3×10^8 m/s dan ada mach untuk pengukuran kecepatan berdasarkan kecepatan suara.

D. ESP – 32 CAM

ESP32 – CAM adalah sebuah mikrokontroler yang dilengkapi dengan kamera OV2640 yang dapat diprogram menggunakan arduino *IDE* sebagai aplikasinya. Pada ESP32 – CAM menggunakan *NodeMCU* yang digunakan Xtensa Dual – Core 32 – bit LX6 with 600 DMIPS. Untuk *bluetooth* dan *Wi-Fi*, ESP32 – CAM sudah terintegrasi secara *System on Chip*, termasuk kamera yang digunakan pada ESP32 – CAM. ESP32 – CAM memiliki pin GPIO sebanyak 32 pin, yang dimana pin tersebut lebih banyak dibanding pin yang terdapat pada *series* ESP lainnya. Sehingga dapat ditentukan pin yang akan difungsikan sebagai UART, I2C, atau SPI yang dapat disesuaikan dengan kode program yang akan dibuat [8].

E. LCD (Liquid Crystal Display)

LCD adalah jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi *Complementary Metal Oxide Semiconductor* (CMOS) *Logic* dengan memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya [9]. LCD sendiri berfungsi untuk menampilkan data berupa angka, huruf ataupun grafik.

F. Arduino Nano

Arduino Nano adalah papan mikrokontroler yang berbasis chip Atmega328 dengan bentuk papan yang kecil. Pada Arduino Nano terdapat 14 pin i/o digital diantaranya Pin Serial, Pin *External Interrupt*, Pin PWM Arduino Nano, Pin SPI (*Serial Peripheral Interface*), Pin LED. Pada Arduino juga terdapat 8 pin analog dan diantara delapan pin terdapat dua pin yang memiliki fungsi khusus yaitu Pin SDA (*Serial Data*) yang berfungsi untuk mentransmisikan data yang mendukung komunikasi I2C atau TWI (*Two Wire Interface*) dan Pin SCL (*Serial Clock*) yang berfungsi untuk menghantarkan sinyal *clock* untuk memungkinkan terjadinya komunikasi I2C atau TWI. Lalu terdapat juga pin tegangan yang berfungsi untuk mengatur tegangan pada Arduino Nano dan pin *reset* yang berfungsi untuk *restart* ulang program pada Arduino Nano [10].

G. Sensor HC-SR 04

Sensor HC-SR 04 adalah sensor ultrasonik yang dapat mendeteksi jarak suatu benda dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik berfrekuensi 20 KHz hingga 20 MHz. Sensor PING dapat mendeteksi suatu benda dengan jarak 2 cm – 300 cm. Keluaran dari sensor ini berupa pulsa yang dimana lebar dari pulsa menggambarkan jarak benda.

H. Firebase

Firestore merupakan *software* yang berfungsi untuk mempermudah para pembuat perangkat lunak dalam mengembangkan aplikasi mereka. *Firestore* mempunyai

berbagai fitur yang sangat bermanfaat, seperti *Authentication, database, storage, hosting, analytics*[11].

I. Arduino IDE

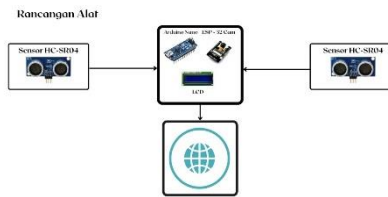
Arduino IDE adalah bagian *software open source* yang memungkinkan kita untuk memprogram Arduino dalam bahasa C. Arduino IDE memungkinkan kita untuk menulis sebuah program secara bertahap kemudian instruksi tersebut di *upload* ke Arduino. [12]

J. QoS (*Quality Of Service*)

QoS (*Quality Of Service*) merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu servis. QoS digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu servis. Standarisasi pada pengujian QoS kali ini menggunakan standarisasi dari ITU-T G.1010 untuk delay dan packet loss untuk throughput menggunakan ITU-T Rec. X.135. Parameter yang terdapat pada QoS yang digunakan adalah Delay dan Throughput.

III. METODE

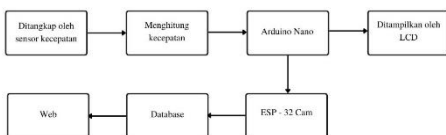
A. Desain Sistem



GAMBAR 3.1 DESAIN SISTEM

Gambar 3.1 merupakan rancangan alat yang akan dibuat pada penelitian ini. Dari gambar di atas merupakan proses dari cara kerja pada alat. Alat tersebut menggunakan sensor HC-SR04 yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan pengendara dan hasilnya akan ditampilkan pada LCD yang sudah disediakan lalu diproses oleh Arduino Nano kemudian data yang sudah didapat akan dikirim ke ESP-32 CAM. Ketika pengendara melakukan pelanggaran maka alat tersebut akan menangkap gambar pengendara yang melanggar. Data yang ditangkap akan dikirim ke web server dan database yang sudah disediakan.

B. Diagram Blok

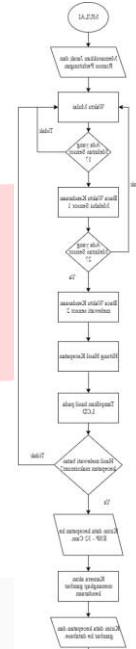


GAMBAR 3.2 DIAGRAM BLOK

Gambar 3.2 merupakan rancangan diagram blok dari alat yang akan dibuat. Pertama alat akan mendeteksi kecepatan yang ditangkap oleh sensor kemudian kecepatan

akan diproses oleh Arduino. Setelah diproses oleh mikrokontroler maka kecepatan akan ditampilkan oleh LCD, ketika kecepatan melebihi batas yang sudah ditentukan, maka Arduino Nano akan mengirimkan data serial kepada ESP-32 Cam untuk menangkap gambar dari kendaraan tersebut lalu dikirim ke *database*. Setelah *database* menerima data tersebut maka akan dikirim ke web.

C. Flowchart Sistem



GAMBAR 3.3 FLOW CHART SYSTEM

Gambar 3.3 merupakan gambar dari diagram alir sistem yang bertujuan untuk melihat proses bagaimana cara sensor bekerja. Pada gambar tersebut dapat diketahui terdapat dua sensor dengan jarak masing – masing sensor yang berbeda. Alat ini dapat bekerja ketika kendaraan melewati kedua sensor. Ketika kendaraan melewati sensor A dan sensor B, hasil dari kecepatan kendaraan akan dapat ditentukan dan ditampilkan oleh LCD.

Jika kecepatan dari kendaraan tidak melewati batas maksimal yang sudah ditentukan maka data tersebut akan langsung dibuang tanpa harus disimpan ke dalam database. Ketika kendaraan melewati batas kecepatan maksimal yang sudah ditentukan maka Arduino akan mengirim perintah untuk melakukan penangkapan gambar ke ESP-32 Cam. Data kecepatan dan gambar nanti nya akan dikirim ke database dan akan ditampilkan ke dalam website yang sudah disediakan.

D. Komponen Perangkat Keras

Adapun perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. 1 buah ESP32 – CAM.
2. 1 buah Arduino Nano
3. 1 buah sensor HC – SR 04.
4. 1 buah LCD 16 cm x 2 cm.
5. 1 buah LM 2596.
6. 1 buah FT232RL (USB to TTL).
7. 1 buah Printed Circuit Board (PCB).

E. Komponen Perangkat Lunak

Adapun perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Arduino IDE berfungsi untuk *Operatting System* dari ESP32 – CAM dan Arduino Nano.
2. Wireshark perangkat lunak berfungsi untuk menguji dan menganalisis jaringan dari sistem.
3. Firebase berfungsi sebagai data base yang digunakan untuk mengirim semua data yang telah diambil.

F. Desain Alat



GAMBAR 3.1
DESAIN ALAT

Pada gambar 3.4 terdapat foto yang merupakan alat yang di buat. Pada gambar yang berada di sisi kiri merupakan keseluruhan dari gambar alat yang dibuat. Pada gambar terdapat sensor HC-SR 04 di ujung – ujung pipa paralon, pipa – pipa tersebut berfungsi untuk menstabilkan panjang dari masing – masing sensor yang berjarak dua meter agar jarak dari sensor dapat stabil.

Pada gambar yang berada disisi kanan merupakan gambar dari kotak alat yang terlihat dari belakang. Kotak tersebut berisikan 1 buah LCD, 1 buah I2C, 1 buah Arduino Nano, 1 buah ESP-32 Cam, 1 papan PCB.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Fungsionalitas Alat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berhasil digunakan untuk mengirimkan dan menerima data. Parameter keberhasilan yang digunakan dalam pengujian ini adalah alat dapat berkerja sesuai dengan sistem yang telah dibuat.

TABEL 4. 1
PENGUJIAN FUNGSIONALITAS ALAT

Parameter Keberhasilan	Skenario Pengujian	Keterangan
Berhasil mendeteksi objek.	Sensor HC-SR04 Ultrasonik berhasil mengidentifikasi objek jika ada yang melewati sensor dalam jarak tertentu.	Berhasil.
Berhasil menampilkan informasi pada LCD.	Layar LCD 16 x 2 dapat menampilkan informasi yang akan disampaikan.	Berhasil.

Berhasil menghitung kecepatan.	Arduino Nano berhasil melakukan kalibrasi dan perhitungan untuk mencari kecepatan menggunakan sensor HC-SR 04 ultrasonik.	Berhasil.
Berhasil menangkap gambar.	ESP-32 Cam berhasil menangkap objek yang melewati batas kecepatan yang sudah ditentukan.	Berhasil
Berhasil mengirim data ke <i>database</i> .	Hasil dari kecepatan dan gambar dapat dikirim ke <i>database</i> yang sudah disediakan.	Berhasil

B. Pengujian Akurasi Alat Pendeteksi Kecepatan

Pada pengujian kali ini, dilakukan pengecekan akurasi alat pendeteksi kecepatan dengan cara, membandingkan nilai yang ditampilkan oleh alat dan *speedometer* dari motor yang akan digunakan. Pengujian akan dilakukan sebanyak 4 sesi, dengan masing – masing sesi dilakukan 5 percobaan dari rentang kecepatan 0 – 10 km/h, 10 – 20 km/h, 20 – 30 km/h, 30 – 40 km/h.

TABEL 4. 2
PENGUJIAN AKURASI ALAT RENTANG KECEPATAN 0 - 10 KM/H.

Percobaan ke -	Hasil Sensor (Km/h)	Speedometer (Km/h)	Foto	Error %
1	8	8	-	0
2	9	9	-	0
3	14	10	-	40
4	8	8	-	0
5	6	6	-	0
Rata - Rata Error				8
Akurasi				92

TABEL 4. 3
PENGUJIAN AKURASI ALAT RENTANG 10 - 20 KM/H

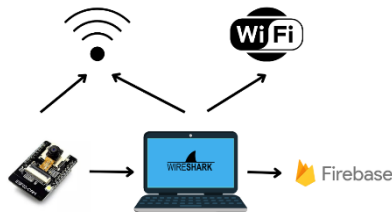
Percobaan ke -	Hasil Sensor (Km/h)	Speedometer (Km/h)	Foto	Error %
1	9	12	-	25
2	13	13	-	0
3	9	11	-	18.18
4	24	18	-	33.33
5	9	10	-	10
Rata - Rata Error				17.302
Akurasi				82.698

TABEL 4. 4
PENGUJIAN AKURASI RENTANG 20 - 30 KM/H

Percobaan ke -	Hasil Sensor (Km/h)	Speedometer (Km/h)	Foto	Error %
1	20	25	-	20
2	20	19	-	5.26
3	26	26	-	0
4	16	22	-	27.27
5	19	24	-	20.83
Rata - Rata Error				14.672
Akurasi				85.328

TABEL 4. 5
PENGUJIAN AKURASI RENTANG 30 – 40 KM/H

Percobaan ke -	Hasil Sensor (Km/h)	Speedometer (Km/h)	Foto	Error %
1	26	32	-	18.75
2	52	37	-	40.54
3	33	36	-	8.33
4	33	35	-	5.71
5	33	38	-	13.157
Rata - Rata Error				17.2974
Akurasi				82.7026



GAMBAR 4. 1
SKENARIO PENGUJIAN

C. Pengujian QoS (Quality of Service)

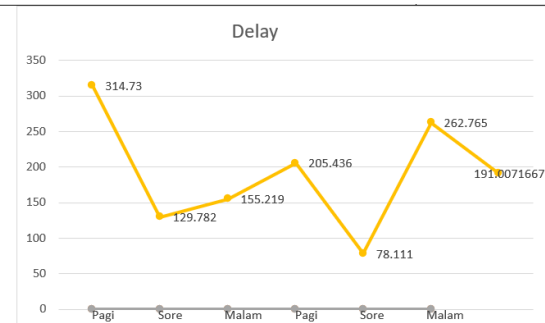
Skenario pengujian pada penelitian kali ini menggunakan Wireshark, untuk mengetahui kinerja jaringan ESP32 – Cam mengirim data ke Firebase sebagai *web database* yang digunakan. Cara pengujian, laptop *connect* Wi-Fi kemudian mengaktifkan *mobile hotspot* untuk koneksi ESP32 – Cam dan didapatkan IP ESP32 – Cam adalah 192.168.137.248 dan IP tujuan adalah 199.36.158.100

1. Pengujian Delay

TABEL 4. 6
PENGUJIAN DELAY

No	Waktu	Percobaan	Delay (ms)
1	Pagi	1-5	314.73

2	Sore	1-5	129.782
	Malam	1-5	155.219
	Pagi	1-5	205.436
	Sore	1-5	78.111
	Malam	1-5	262.765
Rata - rata			191.0071667



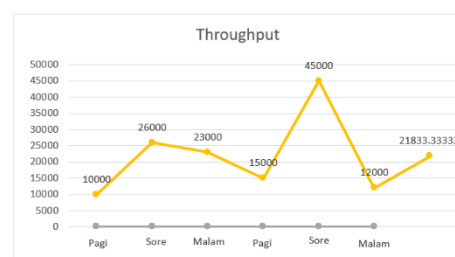
GAMBAR 4. 2
GRAFIK DELAY

Tabel 4. 6 dan gambar 4. 2 adalah tabel dan grafik dari hasil pengujian *delay*. Pengujian *delay* dilakukan dengan cara mengukur lama waktu tempuh yang dibutuhkan saat pengiriman informasi dari *microcontroller* ke *database*. Pengukuran *delay* dilakukan sebanyak 30 kali percobaan dilakukan selama tiga rentang waktu dengan rentang waktu pagi, sore dan malam. Hasil rata – rata *delay* adalah 191.007 ms. Dari hasil rata – rata *delay* dalam satuan ms jika dikonversikan ke dalam satuan s akan bernilai 0.191 s. Menurut standarisasi ITU - T dengan hasil yang didapat maka waktu pengiriman total data setiap satuan waktu dari ESP32 – Cam menuju Firebase tergolong *interactive*.

2. Pengujian Throughput

TABEL 4. 7
PENGUJIAN THROUGHPUT

No	Waktu	Percobaan	Throughput (bps)
1	Pagi	1-5	10000
	Sore	1-5	26000
	Malam	1-5	23000
2	Pagi	1-5	15000
	Sore	1-5	45000
	Malam	1-5	12000
Rata - rata			21833.3333



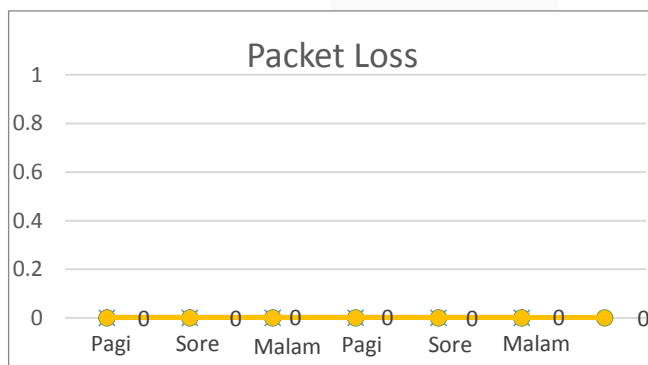
GAMBAR 4. 3
GRAFIK THROUGHPUT

Tabel 4. 7 dan gambar 4. 3 adalah tabel dan grafik dari hasil pengujian *throughput*. Pengukuran *throughput* jaringan dari *microcontroller* ke *database*, pada alat *speed detector* dilakukan untuk mengetahui berapa banyaknya *bits* yang mampu dikirimkan. Proses perhitungan *throughput* dilakukan ketika alat berhasil mendeteksi kendaraan yang melanggar kecepatan dengan 30 kali percobaan. Hasil rata - rata *throughput* adalah 21833.33 bps. Dari hasil rata - rata *throughput* dalam satuan bps jika dikonversikan ke dalam satuan kbps akan bernilai 21.833 kbps. Menurut standarisasi ITU - T dengan hasil yang didapat maka pengiriman total data setiap satu waktu dari ESP32 – Cam menuju Firebase tergolong sangat bagus.

3. Pengujian *Packet Loss*

TABEL 4. 8
PACKET LOSS

No	Waktu	Percobaan	Packet Loss
1	Pagi	1-5	0
	Sore	1-5	0
	Malam	1-5	0
2	Pagi	1-5	0
	Sore	1-5	0
	Malam	1-5	0
Rata - rata			0



GAMBAR 4. 4
GRAFIK PACKET LOSS

Tabel 4. 9 dan gambar 4. 8 adalah tabel dan grafik dari hasil pengujian *throughput*. Pengukuran *packet loss* jaringan dari *microcontroller* ke *database*, pada alat *speed detector* dilakukan untuk mengetahui berapa banyaknya *packet* yang mampu dikirimkan. Proses perhitungan *packet loss* dilakukan ketika alat berhasil mendeteksi kendaraan yang melanggar kecepatan dengan 30 kali percobaan. Hasil rata - rata *packet loss* adalah 0%. Menurut standarisasi ITU - T dengan hasil yang didapat maka pengiriman total paket

dari ESP32 – Cam menuju Firebase tergolong sangat bagus.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perancangan sistem, pengujian dan analisis yang telah dilakukan sehingga didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pendeteksi kecepatan berjalan dengan baik, pengiriman dan pembacaan data yang dilakukan sensor ultrasonik dan mikrokontroler dapat disimpan pada *database* jika kecepatan melebihi batas yang sudah ditentukan.
2. Sensor ultrasonik memiliki tingkat rata - rata akurasi total 85.68%, dengan akurasi tertinggi memiliki nilai 92% di rentang kecepatan 0 – 10 km/h dan akurasi terendah memiliki nilai 82.698% di rentang kecepatan 10 – 20 km/h . Data yang ditampilkan pada *database* sesuai dengan data yang dikirimkan oleh sensor ultrasonik.
3. Alat pendeteksi berhasil menangkap dan mengirim foto ke *database*. Namun hasil tangkapan kamera masih belum bisa menangkap plat nomor dengan baik dikarenakan resolusi kamera.
4. Saat pengujian QoS pada pengiriman data sensor ke *database* memiliki nilai *Delay* 0.191 s. Menurut standarisasi dari ITU - T, termasuk kategori *interactive*.
5. *Throughput* pada pengiriman data sensor ke *database* memiliki nilai *Throughput* 21.833 kbps. Menurut standarisasi dari ITU - T, termasuk kategori baik.

B. Saran

Pengujian yang telah dilakukan oleh penulis, terdapat beberapa kekurangan yang bisa dijadikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Pada alat pendeteksi kecepatan ini, perlu dikembangkan bagaimana membedakan antara motor dan mobil secara otomatis.
2. Untuk mendapatkan hasil data yang lebih akurat dalam pembacaan kecepatan dan penangkapan foto, sebaiknya menggunakan sensor ultrasonik yang lebih baik seperti sensor PING dan kamera eksternal.
3. Mengganti mikrokontroler dengan mikrokontroler yang lebih baik agar performa alat lebih baik.
4. Mengurangi panjang alat agar lebih fleksibel digunakan.

REFERENSI

- [1] J. D. Service, "Jumlah Kendaraan Bermotor Provinsi Jawa Barat," *Open Data Jabar*, Mar. 19, 2021.
- [2] "Data Kecelakaan dan Pelanggaran Lalu Lintas," *bappeda.jogjaprov.go.id*, 2021.
- [3] B. S. R. Purwanti *et al.*, "418 SENASPRO 2017 | Seminar Nasional dan Gelar Produk."
- [4] Almufid, "Perencanaan Geometerik Jalan Agar Mencapai Kenyamanan dan Keamanan Bagi Penggunaan Jalan Sesuai Undang -Undang No.38 tahun 2012 Tentang Jalan," *Dinamika UMT*, vol. 1, no. 2, pp. 34–35, 2016.

- [5] F. Adani and S. Salsabil, "INTERNET OF THINGS: SEJARAH TEKNOLOGI DAN PENERAPANNYA".
- [6] S. F. ANSARI, "SISTEM AKSES KONTROL PINTU MENGGUNAKAN KUNCI PINTU DROPBOLT BERBASIS IOT SEBAGAI SISTEM KUNCI PINTU OTOMATIS RUANG DOSEN UNTUK SMART BUILDING," pp. 4–4, 2021.
- [7] H. Ponto, "Dasar Teknik Listrik," 2018.
- [8] A. Setiawan and A. I. Purnamasari, "Pengembangan Passive Infrared Sensor (PIR) HC-SR501 dengan Microcontrollers ESP32-CAM Berbasis Internet of Things (IoT) dan Smart Home sebagai Deteksi Gerak untuk Keamanan Perumahan," *Prosiding Seminar Nasional Sisfotek (Sistem Informasi dan Teknologi Informasi)*, vol. 3, no. 1, pp. 148–154, 2019.
- [9] E. Dasar, "LCD (Liquid Crystal Display)," <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-crystal-display/>, Jul. 27, 2021.
- [10] Fauzansyah, , Al Malikul Ikhwanda Putra, and Septianus, "ALAT PERINGATAN PHYSICAL DISTANCING MENGGUNAKAN SENSOR RCWL-0516 DAN ULTRASONIK HC-SR04 BERBASIS ARDUINO NANO," *JURNAL MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI INFORMASI*, vol. 13, no. 1, pp. 26–36, 2022.
- [11] Aldian P. Putra, *APLIKASI MANAJEMEN DATA DAN APLIKASI KATALOG PEMASARAN BISNIS PROPERTI BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN FIREBASE REALTIME DATABASE (STUDI KASUS PT. DITAMA DIESSA INDONESIA)*. 2019.
- [12] A. A. Matarru, "Studi Eksperimen Arduino Uno Sebagai Pengendali Kursi Roda Elektrik," *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications*, vol. 4, no. 2, pp. 1–11, May 2022.
- [13] R. Hanifia and Asmunin, "PENERAPAN QUALITY OF SERVICE (QOS) DIFFERENTIATED SERVICE PADA JARINGAN MULTI-PROTOCOL LABEL SWITCHING (MPLS)," *Jurnal Manajemen Informatika*, vol. 9, no. 2, pp. 1–7, 2019.