

# RANCANG BANGUN ALAT SISTEM REKAM DATA PADA KENDARAAN BERMOTOR

<sup>1</sup>Helmi Wibowo, <sup>2</sup>Mohamad Yoga Pratama,, <sup>3</sup>Faris Humami, <sup>4</sup>Ethys Pranoto

<sup>1</sup> Teknologi Otomotif Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan,

<sup>2,3,4</sup> Teknologi Rekayasa Otomotif Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

<sup>1,2,3,4</sup> Jl. Perintis Kemerdekaan No.17, Slerok, Kec. Tegal Tim., Kota Tegal, Jawa Tengah 52125

<sup>1</sup>helmi.wibowo@pktj.ac.id, <sup>2</sup>muh.yogapratama24@gmail.com, <sup>3</sup>farishumami@pktj.ac.id,

<sup>4</sup>ethys@pktj.ac.id

## Abstrak

*Kecelakaan lalu lintas dan insiden di jalan raya menjadi perhatian utama pemerintah, lembaga keselamatan transportasi, dan masyarakat. Data statistik menunjukkan peningkatan kecelakaan dalam beberapa tahun terakhir di Indonesia. Faktor utama kecelakaan termasuk manusia, kendaraan, dan lingkungan. Namun, sering kali alat bukti atau data sulit ditemukan, seperti keterangan pengemudi dan saksi. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengusulkan rancang bangun alat sistem rekam data pada kendaraan bermotor. Alat yang dibuat akan merekam data kecepatan, lokasi, waktu kejadian, kemiringan kendaraan, serta audio dan video di dalam kabin dengan kontrol menggunakan Raspberry Pi 4 model B dan ESP32. Pengujian dilakukan pada kendaraan mobil dengan melakukan tes di jalan raya pada jalan raya provinsi dan jalan tol untuk melihat fungsi setiap sensor. Hasil data yang diperoleh dari setiap sensor berfungsi dengan baik, pada sensor MPU6050 nilai eror 0,028% – 0,123%, pada sensor GPS Beitian Be-220 nilai eror 2% dan titik koordinat latitude longitude dengan eror 0,000661 - 0,001403%. Alat ini diharapkan dapat membantu penyidik lalu lintas dan otoritas regulasi dalam memperoleh bukti yang kuat dan meningkatkan kesadaran keselamatan di jalan raya.*

*Kata kunci: ESP32, Kecelakaan Lalu Lintas, Keselamatan Transportasi, Raspberry Pi, Sistem Rekam Data.*

## Abstract

*Traffic accidents and road incidents are a major concern for the government, transportation safety agencies, and the public. Statistical data shows an increase in accidents in recent years in Indonesia. The main factors of accidents include humans, vehicles, and the environment. However, evidence or data is often difficult to find, such as driver and witness statements. To overcome this problem, this study proposes a design for a data recording system tool on motor vehicles. The tool created will record speed data, location, time of incident, vehicle inclination, and audio and video in the cabin with control using Raspberry Pi 4 model B and ESP32. Testing was carried out on car vehicles by conducting road tests on provincial highways and toll roads to see the function of each sensor. The data results obtained from each sensor functioned well, on the MPU6050 sensor the error value was 0.028% - 0.123%, on the Beitian Be-220 GPS sensor the error value was 2% and the latitude longitude coordinate point with an error of 0.000661 - 0.001403%. This tool is expected to help traffic investigators and regulatory authorities in obtaining strong evidence and increasing road safety awareness.*

*Keywords: ESP32, Traffic Accidents, Transportation Safety, Raspberry Pi, Data Recording System.*

## PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, kecelakaan lalu lintas meningkat dan menjadi

perhatian utama bagi pemerintah, lembaga keselamatan transportasi, dan masyarakat.

Menurut Badan Pusat Statistik, jumlah kecelakaan lalu lintas meningkat rata-rata

6,26 persen per tahun antara 2018-2022, dengan peningkatan luka berat dan ringan masing-masing 0,09 persen dan 5,29 persen, sementara korban meninggal dunia menurun 1,16 persen. Kerugian materi juga meningkat rata-rata 6,97 persen per tahun [1].

Data Korlantas Polri menunjukkan 12.904 kecelakaan lalu lintas di seluruh Indonesia pada September 2023 dan 11.750 pada Oktober 2023. Menurut UU Lalu Lintas dan Angkutan Jalan tahun 2009 pasal 1 nomor 24 [2], kecelakaan lalu lintas adalah peristiwa tak terduga yang melibatkan kendaraan dan dapat menyebabkan korban manusia atau kerugian harta benda. Tiga faktor utama penyebab kecelakaan: faktor manusia (kelelahan, mengantuk, mabuk), faktor kendaraan (rem rusak, ban buruk), dan faktor lingkungan (jalan berlubang, licin) [3].

Ketika kecelakaan terjadi, diperlukan data untuk mengetahui kronologi kejadian. Sebuah laporan Komite Nasional Keselamatan Transportasi Jalan (KNKT) mengenai kecelakaan bus di Wonogiri, Jawa Tengah, menunjukkan bahwa analisis penyebab kecelakaan membutuhkan data seperti lokasi, waktu kejadian, kondisi kendaraan, data geometrik jalan, keterangan pengemudi, informasi cuaca, dan kronologi di lapangan. Namun, seringkali data seperti keterangan pengemudi dan saksi sulit ditemukan. Pada kecelakaan saksi seringkali enggan memberikan keterangan karena rasa takut atau tidak peduli [4].

Pada penelitian sebelumnya yang di oleh Rivai and Wardijono [5], berjudul alat monitoring kecelakaan dengan *intelligent transport system* berbasis *Internet of Things*, didapatkan hasil dan kesimpulan yaitu alat mampu memonitoring apabila terjadi kecelakaan. Sensor otomatis mengirimkan data waktu kejadian, titik koordinat, data kemiringan, data getaran, data suara dan rekaman foto saat terjadi kecelakaan yang akan ditampilkan di aplikasi Android secara *real time*. Namun terdapat kekurangan yaitu alat tidak terdapat perekaman data audio, dan data yang tersimpan berupa rekaman foto. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Sethuraman dan Santhanalakshmi [6] yang berjudul *implementing vehicle black box system by IoT based approach* didapatkan hasil dan kesimpulan yaitu alat dapat mengirimkan data dan gambar menggunakan IOT menggunakan webcam untuk mencari tahu siapa yang mengambil, serta dapat mengirimkan sinyal data tentang lokasi dan kecepatan yang terhubung ke pihak ambulan. Namun terdapat perbedaan yaitu mengirim data melalui Gmail dan Telegram, menggunakan Raspberry Pi 3 dan tidak terdapat perekaman suara.

Solusi dari permasalahan di atas, penelitian ini akan mengusulkan suatu alat sistem rekam data pada kendaraan bermotor. Sistem ini akan merekam data kecepatan kendaraan, lokasi, waktu kejadian, kemiringan kendaraan, serta audio dan video di dalam kabin

untuk memberikan pemahaman lebih lanjut tentang insiden. Dengan rekaman audio dan video, percakapan dan perilaku pengemudi dapat dianalisis secara objektif. Sistem rekam data ini diharapkan membantu penyelidikan lalu lintas dan meningkatkan kesadaran serta keamanan di jalan raya.

## METODE PENELITIAN

### A. Alur Penelitian

Penelitian dimulai dengan perencanaan sistem yang memerlukan adanya perhatian khusus yaitu pada perencanaan *hardware* dan *software* sistem. Perencanaan dimulai dari studi pustaka, setelah itu dapat ditentukan spesifikasi alat, pemilihan komponen dan material, perakitan alat, pengujian alat. Lalu melakukan analisis mengenai kinerja alat yang telah dibuat apakah berjalan dengan baik atau mengalami kendala. Apabila berjalan dengan baik langkah selanjutnya menguji performa dari alat yang telah dibuat, selanjutnya melakukan analisis.

### B. Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk membuat Rancang Bangun Alat Perekam Data Pada Kendaraan Bermotor yaitu :

#### 1. *Secure Digital (SD) Card*

Kartu SD atau kartu memori adalah perangkat yang digunakan untuk media penyimpanan data digital pada perangkat seperti kamera digital, *Personal Digital Assistant* (PDA), dan ponsel. Data digital

dapat berupa gambar, audio, dan video. Kartu SD ini hadir dalam berbagai ukuran, mulai dari 128 MB, 512 MB, 1 GB, 32 GB, hingga 64 GB dan bahkan lebih [7].

#### 2. Raspberry Pi 4 Type B

Raspberry Pi dikenal sebagai komputer papan tunggal adalah seperti komputer, desktop, laptop, atau ponsel cerdas, tetapi dibangun di atas satu sirkuit tercetak di atas papan. Seperti kebanyakan komputer papan tunggal, Raspberry Pi berukuran kecil – kira-kira memiliki ukuran yang sama sebagai kartu kredit – tetapi bukan berarti tidak kuat. Raspberry Pi dapat melakukan apa saja seperti komputer yang lebih besar dan memiliki daya lebih besar, meskipun belum tentu secepat itu [8], [9], [10].

#### 3. *Cooling Fan*

*Raspberry Pi* adalah komputer kecil yang dilengkapi dengan prosesor, memori, dan komponen elektronik lainnya yang semuanya mengonsumsi daya dan menghasilkan panas saat digunakan. *Cooling fan* adalah perangkat yang dipasang yang digunakan untuk membantu untuk menghilangkan panas yang dihasilkan oleh Raspberry Pi saat bekerja secara intensif. *Cooling Fan* ini membantu sirkulasi udara di sekitar Raspberry Pi dan mendinginkan komponen.

#### 4. MPU6050

Modul ini memiliki antarmuka *Inter-Integrated Circuit* (I2C) yang dapat disambungkan langsung ke mikrokontroler

yang memiliki fasilitas I2C. Sensor MPU-6050 berisi sebuah sensor *accelerometer* dan sebuah sensor *gyroscope* yang saling terintegrasi. Sensor ini mampu membaca sudut secara akurat dengan fasilitas hardware internal *16 bit Analog Digital Converter (ADC)* untuk setiap kanalnya. Sensor ini akan membaca nilai kanal sumbu x, y dan z bersamaan dalam satu waktu [11]. Tabel 1 merupakan spesifikasi MPU6050.

#### 5. ESP32

ESP32 adalah *mikrokontroler System on Chip (SoC)* berbiaya rendah dari *espressif systems*, yang juga sebagai pengembang dari *SoC ESP8266* yang terkenal dengan *NodeMCU*. ESP32 adalah

penerus *SoC ESP8266* dengan menggunakan *Mikroprosesor Xtensa LX6 32-bit Tensilica* dengan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* yang terintegrasi [12], [13].

ESP32 memiliki lebih banyak fitur daripada versi sebelumnya yaitu ESP8266. Tabel 2 merupakan daftar beberapa spesifikasi penting dari ESP32.

#### 6. Beitian BE-220 GPS

Beitian BE-220 adalah modul GPS/GLONASS yang sering digunakan untuk aplikasi yang memerlukan pelacakan lokasi dengan presisi tinggi. Beitian BE-220 memiliki dimensi yang kecil (22mm × 20mm × 6mm) dan berat yang ringan (5,3 gram) [15], [16].

Tabel 1. Spesifikasi MPU6050[11]

Spesifikasi	Operasi
<i>Chip</i>	MPU 6050
<i>Vin</i>	3V – 5V
<i>Communication</i>	I2C
<i>Gyroscopes ranges</i>	+/- 250 500 1000 2000 degree/sec
<i>Acceleration ranges</i>	+/- 2g +/-4g +/-8g +/-16g
<i>Pin Spacing</i>	2,54 mm (0,1in)

Tabel 2. Spesifikasi ESP32 [14]

Tegangan	3.3 Volt
CPU	Xtens a dual core LX6 - 160M Hz
ADC pin	18 Buah
DAC pin	2 Buah
Flash Memory	16 MB
SRAM	512 KB
Bluetooth	Ada
Wifi	Ada
Komunikasi	Wi-Fi, Bluetooth ,I2C ,SPI, Serial
Programmable GPIOs.	34

## 7. Dua Buah Camera Webcam 720p

Camera *Webcam* adalah perangkat keras berbentuk kamera video digital yang terhubung ke Raspberry Pi 4B melalui *port* USB. *Webcam* berfungsi untuk menangkap dan mengirimkan gambar atau video secara langsung melalui jaringan komputer atau internet. Kamera *webcam* pertama digunakan untuk merekam kondisi pengemudi dan kamera kedua digunakan untuk merekam lingkungan bagian depan [17][18] [19]

### C. Perancangan Sistem

#### 1. Alur Kerja Alat

Pada rancang bangun alat sistem rekam data pada kendaraan bermotor ini, terdapat dua komponen utama, yaitu Raspberry Pi 4 *Type* B dan ESP32, yang digunakan untuk mengoptimalkan kinerja sistem secara keseluruhan. Alat ini memiliki beberapa fitur penting, seperti merekam audio dan video pengemudi di kabin kendaraan menggunakan kamera *webcam* 720p, memonitor kecepatan kendaraan, serta mendeteksi titik koordinat *latitude* dan *longitude* yang dihasilkan oleh *GPS Beitian BE-220*. Fitur ini memungkinkan lokasi kendaraan diketahui dan diakses secara *real time* melalui *website*. Selain itu, alat ini juga mampu mendeteksi perubahan kemiringan kendaraan melalui modul MPU6050, Perubahan kemiringan ini didapat dari hasil nilai sudut akhir dikurangi nilai sudut

awal pada saat terjadi kemiringan [20].

Proses kerja alat ini adalah saat dinyalakan, ESP32 akan menginisiasi sensor MPU6050 dan modul GPS Beitian BE-220. ESP32 bertanggung jawab untuk menangani perekaman data *latitude* dan *longitude*, kecepatan, serta kemiringan kendaraan yang kemudian dikirim dan ditampilkan secara *real time* di *website*. Di sisi lain Raspberry Pi 4 *Type* B, akan menginisiasi kamera *webcam* untuk merekam video dan audio di kabin kendaraan, yang kemudian disimpan pada *SD Card*.

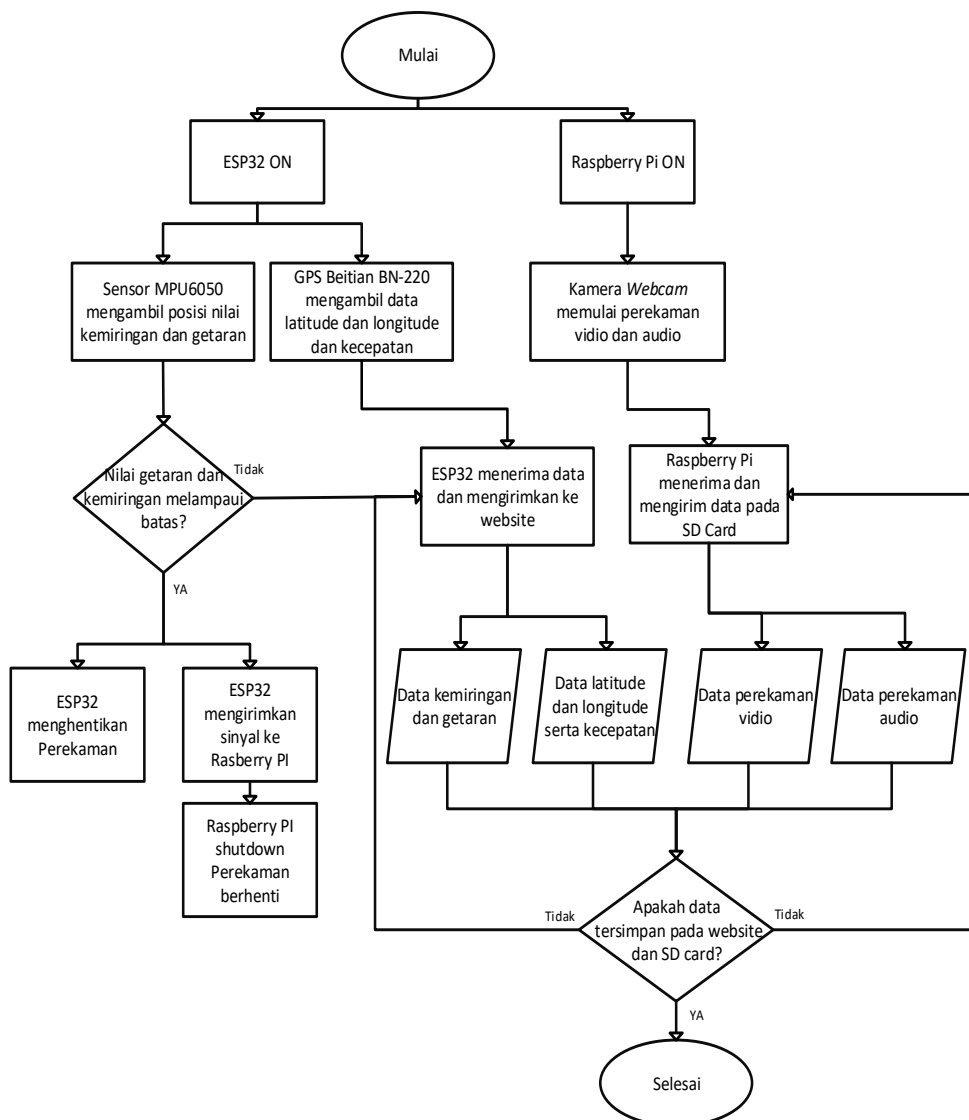
Penggunaan dua perangkat Raspberry Pi 4 *Type* B dan ESP32, bertujuan untuk mengurangi beban kerja Raspberry Pi yang memiliki keterbatasan dalam kemampuan *multitasking*. Oleh karena itu, ESP32 menangani tugas-tugas sensor dan *GPS*, sementara Raspberry Pi 4 *Type* B fokus pada perekaman audio dan video.

Selain itu, perekaman video dan audio selama perjalanan hanya akan menyimpan 15 menit terakhir karena keterbatasan kapasitas memori. Perekaman sebelumnya akan otomatis terhapus untuk memastikan bahwa hanya data terbaru yang disimpan. Jika terjadi benturan atau tabrakan yang keras atau kemiringan yang melampaui batas yang telah diprogram pada sensor MPU6050, sensor ini akan menginisiasi ESP32 untuk menghentikan perekaman. ESP32 kemudian mengirimkan sinyal ke

Raspberry Pi 4 *Type B* bahwa telah terjadi kemiringan atau guncangan yang melebihi batas. Ini akan menyebabkan perekaman video dan audio pada kamera *webcam* berhenti, dan alat akan dimatikan. Langkah ini diambil untuk mencegah data terakhir yang memuat informasi kecelakaan tersebut terhapus sendiri jika alat tetap menyala.

## 2. Desain Alat dan Penempatan Alat

Pada alat perekam data pada kendaraan bermotor terdapat beberapa komponen yang dibutuhkan dan dirancang pada *software* Fritzing. Komponen tersebut antara lain: Raspberry Pi *Type B*, ESP32, Beitian BE-220 GPS, *Colling fan* 3V, MPU6050, *Barrel Jack*, dan *Slide Switch*.



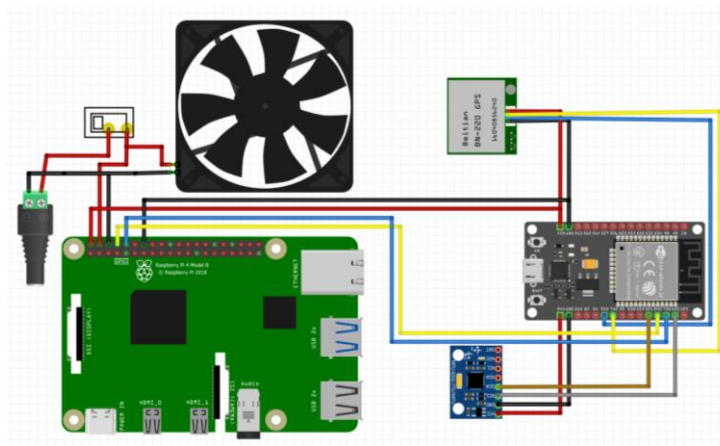
Gambar 1. Diagram Kerja Alat

Komponen alat disiapkan pada panel *parts*. Kemudian dilakukan perancangan komponen seperti GPS Beitian BE220, MPU 6050, disambungkan pada ESP32, lalu kamera *webcam* dan *cooling fan* disambungkan ke Raspberry Pi 4 B.

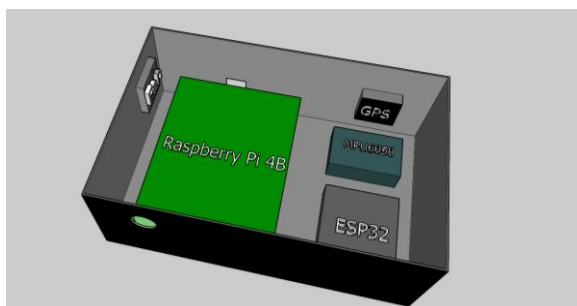
Pada Gambar 2 merupakan perancangan alat, mulai dari skematik rangkaian, penempatan komponen dan penempatan alat pada *dashboard* kendaraan. Pada skematik rancang bangun alat, dalam sistem ini Raspberry Pi berfungsi untuk menampilkan visualisasi dari kamera, kamera yang mengarah ke pengemudi dan kamera yang mengarah ke

lingkungan bagian depan kendaraan. Pada komponen ESP32 berfungsi sebagai kontrol, yang mengontrol sensor GPS Beitian BE220 dan MPU 6050.

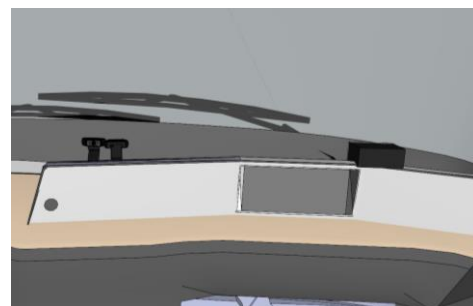
Pada *box* komponen yang berisi komponen Raspberry Pi berukuran panjang 14,5 cm, lebar 9,5 cm dengan tinggi 5 cm. Menggunakan material plastik yang kuat dan kokoh yang dapat melindungi komponen dari bahaya luar. Selain itu pemilihan material ini juga berfungsi agar sinyal *GPS* tidak terhalang menuju satelit. Dalam peletakan alat perekam data pada kendaraan bermotor, alat diletakkan pada *dashboard* depan kendaraan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Perancangan Alat, (a) Skematik Rangkaian, (b) Penempatan Komponen pada *Box*, dan (c) Penempatan Alat pada *Dashboard*

### 3. Pemrograman *Website* dan Alat

Pemrograman merupakan hal yang penting dalam pembuatan suatu alat, sebab tanpa adanya suatu program/ perintah yang diberikan maka alat tidak akan berfungsi seperti yang diharapkan. Pada penelitian ini pemrograman menggunakan perangkat lunak Visual Studio Code. Visual Studio Code adalah editor kode sumber yang dikembangkan oleh Microsoft.

Visual Studio Code adalah perangkat lunak gratis dan bersifat *open-source*, yang dirancang untuk berbagai bahasa pemrograman dan teknologi pengembangan. Visual Studio Code digunakan untuk memudahkan menuliskan code pembuatan pemrograman dalam berbagai bahasa yang nantinya akan diekspor ke perangkat Raspberry Pi dan digunakan untuk menulis kode pemrograman dalam membuat *website*.

Selain itu kode pemrograman juga ditulis menggunakan Arduino IDE, *Software* Arduino IDE adalah aplikasi

bawaan *open-source* yang memudahkan pengguna dalam membuat, membuka, mengkompilasi, dan meng-*upload* program ke dalam *board* Arduino menggunakan bahasa C/C++, dirancang untuk memperlancar pengalaman pengguna dan cocok untuk pengguna baru dengan menyediakan fungsi-fungsi lengkap [18], [21], [22].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Perakitan Alat

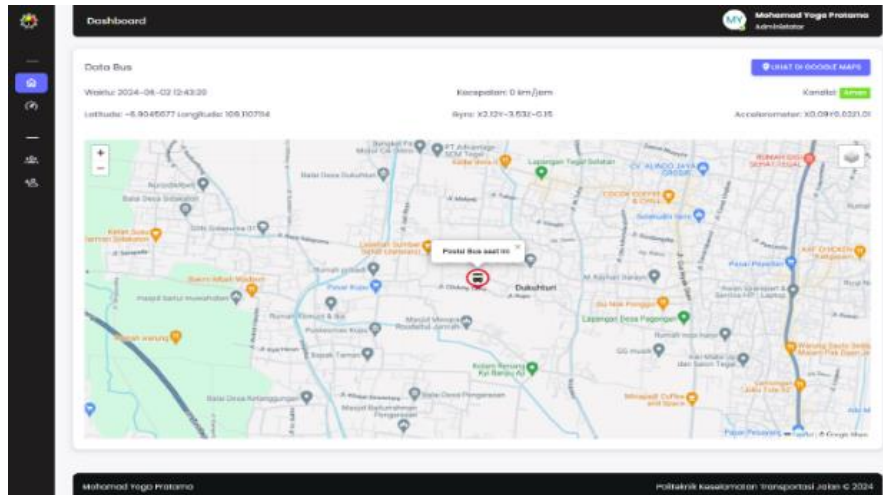
Perakitan komponen dipasang secara teliti dan cermat sesuai pin yang telah dibuat pada aplikasi *fritzing*. Proses ini menghubungkan antar komponen sehingga alat dapat berfungsi sesuai dengan desain yang telah dibuat.

Pada Gambar 3 merupakan komponen yang terpasang pada *box* dengan memperhatikan ukuran tiap komponen serta lubang seperti untuk catu daya serta lubang untuk penempatan kipas yang berfungsi membuang panas ketika alat beroperasi



Gambar 3. Hasil Akhir Perakitan Alat





Gambar 4. Tampilan Pada Website

## B. Pembuatan Website

*Website* dibuat menggunakan bahasa pemrograman PHP menggunakan *software* Visual Studi Code. *Website* di desain untuk menampilkan hasil perekaman yang dilakukan oleh alat.

Gambar 4 merupakan tampilan dari *website* untuk menampilkan informasi. Data yang ditampilkan pada *website* berupa data kecepatan, data *latitude & longitude*, data *gyroscope* dan data *accelerometer* secara *real time*

## C. Penempatan Alat pada Dashboard

### Kendaraan

Penempatan alat sesuai pada desain yang telah dibuat yaitu alat diletakan pada *dashboard* kendaraan dengan kamera satu menghadap ke sisi kabin kendaran dengan tujuan agar dapat merekam perilaku pengemudi dan kamera ke-dua menghadap ke depan kendaraan atau menghadap ke jalan dengan harapan dapat merekam kejadian di depan kendaraan, sehingga semua proses

perekaman dapat terakam baik dari dalam kabin ataupun luar kabin. Penempatan kotak alat diletakan pada bidang yang paling datar sehingga sensor *gyroscope* dapat merekam perubahan kemiringan kendaraan.

## D. Hasil Kalibrasi Alat

### 1. Kalibrasi kamera

Pengujian kinerja kamera bertujuan agar mengetahui perbedaan waktu pada perintah *coding* dan video yang tersimpan pada saat proses perekaman selesai dan disimpan ke *micro SD card*. Pengambilan data dilakukan pada waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit.

Tabel 3 merupakan hasil pengujian kamera *webcam*. Dari hasil pengujian yang dilakukan terdapat perbedaan antara waktu simpan yang dilakukan alat dengan pemrograman. Perbedaan waktu pengiriman tersebut disebabkan karena besarnya *file* yang direkam dan kemampuan komputasi Raspberry Pi 4 B dalam melakukan *multitasking*.

Tabel 3. Kalibrasi Kamera

Pengujian ke	Lama Perekaman	Lama waktu yang disimpan
1.	5 menit	7 menit 37 detik
2.	10 menit	8 menit 12 detik
3.	15 menit	14 menit 48 detik
4.	20 menit	18 menit 28 detik
5.	25 menit	23 menit 22 detik
6.	30 menit	27 menit 53 detik

## 2. Kalibrasi MPU6050



Gambar 5 Kalibrasi MPU6050 Menggunakan Busur Derajat

Kalibrasi sensor MPU6050 bertujuan untuk mengetahui kinerja dari perangkat tersebut. Proses kalibrasi yaitu dilakukan dengan membandingkan sudut pada busur dan dengan hasil yang ditampilkan pada *website*. Hasil kalibrasi tersebut digunakan untuk mendapatkan data berupa perubahan sudut yang merepresentasikan orientasi dari sensor. Data orientasi tersebut ditampilkan dalam serial monitor pada *website* dan dianalisis untuk mengetahui nilai yang diperoleh. Hasil perolehan sensor didapatkan yaitu dengan mengurangi nilai kemiringan akhir dengan nilai kemiringan awal, sehingga tidak memerlukan kalibrasi. Pengujian dilakukan dengan 3 sampel perubahan sudut yaitu 30°, 60° dan 120°

dan setiap sudut dilakukan 20 kali uji sampel. Selanjutnya nilai tersebut dihitung nilai erornya pada tiap percobaan dengan menggunakan Persamaan (1).

$$Error (\%) = \left( \frac{Selisih}{Besaran Sudut Pengukuran} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Dari data *error* tiap sudut tersebut selanjutnya dapat dihitung rata rata *error* tiap sudutnya dengan menggunakan Persamaan (2).

$$Rata Rata Error (\%) = \left( \frac{\sum Error}{jumlah Data} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Dengan menggunakan Persamaan (1) dan Persamaan (2), hasil kalibrasi sensor MPU6050 terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Kalibrasi MPU6050

Pengujian Ke-	Besaran sudut								
	30°			60°			120°		
	Hasil Pada alat	Busur	Nilai Error(%)	Hasil Pada alat	Busur	Nilai Error(%)	Hasil Pada alat	Busur	Nilai Error(%)
1.	36°	30°	0,2	66°	60°	0,1	121°	120°	0,08
2.	33°	30°	0,1	65°	60°	0,08	123°	120°	0,025
3.	32°	30°	0,06	68°	60°	0,13	123°	120°	0,025
4.	35°	30°	0,16	55°	60°	-0,08	118°	120°	-0,017
5.	36°	30°	0,2	58°	60°	-0,03	118°	120°	-0,017
6.	32°	30°	0,06	61°	60°	0,017	120°	120°	0
7.	34°	30°	0,13	63°	60°	0,05	122°	120°	0,017
8.	27°	30°	-0,1	67°	60°	0,12	123°	120°	0,025
9.	29°	30°	-0,03	66°	60°	0,1	121°	120°	0,08
10.	33°	30°	0,1	63°	60°	0,05	125°	120°	0,042
11.	34°	30°	0,13	65°	60°	0,08	123°	120°	0,025
12.	35°	30°	0,16	64°	60°	0,067	122°	120°	0,017
13.	29°	30°	-0,03	68°	60°	0,13	125°	120°	0,042
14.	34°	30°	0,13	57°	60°	-0,05	124°	120°	0,033
15.	37°	30°	0,23	62°	60°	0,03	125°	120°	0,042
16.	35°	30°	0,16	64°	60°	0,067	122°	120°	0,017
17.	33°	30°	0,1	63°	60°	0,05	126°	120°	0,05
18.	36°	30°	0,2	64°	60°	0,067	122°	120°	0,017
19.	37°	30°	0,23	66°	60°	0,1	122°	120°	0,017
20.	38°	30°	0,27	56°	60°	-0,067	124°	120°	0,033
<b>Rata-rata error</b>	<b>33,75</b>		<b>0,123</b>	<b>63,05</b>		<b>0,051</b>	<b>122,45</b>		<b>0,028</b>

Tabel 4 merupakan hasil kalibrasi MPU6050 dengan membandingkan pada busur derajat. Pada besaran sudut 30° diperoleh nilai rata-rata *error* 0,123%, pada besaran sudut 60° diperoleh nilai rata-rata *error* 0,051 dan pada besaran sudut 120° diperoleh nilai rata-rata *error* 0,028%. Dari ketiga hasil kalibrasi yang telah dilakukan pada besaran sudut 30°, 60° dan 120° dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut yang diuji, semakin kecil rata-rata *error* yang diperoleh. Ini menunjukkan bahwa sensor MPU6050 lebih akurat dalam mengukur sudut yang lebih besar.

### 3. Kalibrasi Sensor Kecepatan Pada GPS Beitian BE-220

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sejauh mana tingkat akurasi data kecepatan yang diberikan modul *GPS Beitian Be-220*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang ditampilkan pada website ke *speedometer* kendaraan. Setelah itu dilakukan analisis dengan membandingkan hasil yang didapat. Pada penelitian ini digunakan kendaraan mobil Toyota Kijang Inova tahun 2004 yang sudah terkalibrasi menggunakan *speedometer tester* sebelum digunakan.

Tabel 5 Hasil Kalibrasi Alat Dengan *Speedometer*

Pengujian ke-	Nilai Pada <i>Speedometer</i>	Nilai Pada Alat	Selisih	<i>Error (%)</i>
1.	10	10	0	<b>0%</b>
2.	15	17	2	<b>13%</b>
3.	20	23	3	<b>15%</b>
4.	25	25	0	<b>0%</b>
5.	30	30	0	<b>0%</b>
6.	36	36	0	<b>0%</b>
7.	40	40	0	<b>0%</b>
8.	45	46	1	<b>2%</b>
9.	50	51	1	<b>2%</b>
10.	55	57	2	<b>4%</b>
11.	60	60	0	<b>0%</b>
12.	65	66	1	<b>2%</b>
13.	70	70	0	<b>0%</b>
14.	75	75	0	<b>0%</b>
15.	80	80	0	<b>0%</b>
16.	85	85	0	<b>0%</b>
17.	90	92	2	<b>2%</b>
18.	95	94	-1	<b>1%</b>
19.	100	100	0	<b>0%</b>
<b>Rata rata error</b>				<b>2%</b>

Setelah mendapatkan data selanjutnya dilakukan analisis dengan membandingkan selisih antar nilai yang didapatkan pada website dengan pada alat dengan menggunakan Persamaan (3).

$$\text{Selisih} = \text{Nilai pada alat} - \text{Nilai pada website} \quad (3)$$

Nilai *error* dapat didapat menggunakan Persamaan (4).

$$\text{Error} (\%) = \left( \frac{\text{Selisih}}{\text{Nilai pada speedometer}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

Hasil perbandingan alat dapat dilihat pada Tabel 5.

Dari hasil pengujian kecepatan yang dilakukan dan analisis maka didapatkan hasil rata-rata *error* yaitu sebesar 2%. Nilai *error* tersebut disebabkan karena adanya proses pengiriman data dari

mikrokontroler ke *website* yang terhambat karena sinyal internet kurang stabil.

#### 4. Kalibrasi Posisi pada GPS Beitian BE-220

Proses kalibrasi ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana tingkat akurasi data posisi koordinat yang diberikan oleh modul GPS Beitian BE-220. Pengujian ini dilakukan dengan cara menentukan suatu titik yang sudah diketahui koordinatnya dengan bantuan aplikasi Google Maps. Kemudian penguji pergi ke titik tersebut dan membaca hasil pembacaan koordinat yang dikeluarkan oleh modul GPS Beitian BE-220. Nilai *error* didapatkan menggunakan Persamaan (5).

$$\text{Error} (\%) = \left( \frac{\text{Selisih nilai pada Google Maps} - \text{Nilai pada alat}}{\text{Nilai Pada Alat}} \right) \times 100\% \quad (5)$$

Data hasil pengukuran kemudian dihitung dengan menggunakan Persamaan (5) serta diperoleh hasil pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Hasil pengujian modul GPS Beitian BE-220 pada Tabel 6 menunjukkan bahwa

sensor dapat berfungsi dengan baik dimana tingkat rata rata *error* mencapai 0.000661%. Pada tabel 7 menunjukkan hasil bahwa modulGPS berjalan dengan baik dengan nilai rata-rata *error* 0.001403%.

Tabel 6. Hasil Kalibrasi *Latitude*

No	<i>Latitude</i> pada Gmaps	<i>Latitude</i> pada alat	Selisih	<i>Error</i> (%)
1.	-7.476334	-7.476411	-0.000077	0.001025
2.	-7.476601	-7.476613	-0.000012	0.000161
3.	-7.473421	-7.473858	-0.000437	0.005847
4.	-7.473625	-7.472315	0.001310	-0.017528
5.	-7.472346	-7.470336	0.002010	-0.026898
6.	-7.468590	-7.473161	-0.004571	0.061203
7.	-7.465973	7.4659537	0.000019	-0.000259
8.	-7.460482	-7.461539	-0.001057	0.014167
9.	-7.459027	-7.459599	-0.000572	0.007668
10.	-7.456990	-7.456963	0.000027	-0.000362
11.	-7.453814	-7.453918	-0.000104	0.001394
12.	-7.450857	-7.451088	-0.000231	0.003102
13.	-7.448836	-7.448758	0.000078	-0.001042
14.	-7.450014	-7.449810	0.000203	-0.002731
15.	-7.452627	-7.452642	-0.000016	0.000209
16.	-7.455798	-7.454133	0.001665	-0.022332
17.	-7.460196	-7.459526	0.000670	-0.008981
18.	-7.462164	-7.462203	-0.000039	0.000524
19.	-7.468215	-7.468057	0.000158	-0.002118
20.	-7.468364	-7.468377	-0.000013	0.000174
<b>Rata-rata <i>Error</i></b>				<b>0.000661</b>

Tabel 7. Hasil Kalibrasi *Longitude*

No	<i>Longitude</i> pada Gmaps	<i>Longitude</i> pada alat	Selisih	<i>Error</i> (%)
1.	111.569390	111.569442	0.000052	0.000047
2.	111.570558	111.570858	0.000300	0.000269
3.	111.571852	111.571845	-0.000007	-0.000006
4.	111.571803	111.572060	0.000257	0.000230
5.	111.572117	111.572693	0.000576	0.000516
6.	111.573183	111.571973	-0.001210	-0.001085
7.	111.573764	111.573712	-0.000052	-0.000047

No	Longitude pada Gmaps	Longitude pada alat	Selisih	Error (%)
8.	111.574867	111.574667	-0.000200	-0.000179
9.	111.575149	111.575029	-0.000120	-0.000107
10.	111.575865	111.575839	-0.000026	-0.000023
11.	111.576434	111.576498	0.000064	0.000058
12.	111.576700	111.576681	-0.000019	-0.000017
13.	111.581254	111.581358	0.000104	0.000093
14.	111.590206	111.589627	-0.000579	-0.000519
15.	111.595769	111.595786	0.000017	0.000015
16.	111.602776	111.572103	-0.030674	-0.027485
17.	111.608506	111.608627	0.000121	0.000109
18.	111.607902	111.607917	0.000015	0.000013
19.	111.605870	111.605604	-0.000266	-0.000238
20.	111.60531	111.605643	0.000333	0.000298
<b>Rata-rata Error</b>				<b>0.001403</b>

### E. Pengujian Alat

Pengujian dilakukan dengan meletakkan alat pada *dashboard* mobil dengan kamera pertama menghadap kabin kendaraan dan kamera kedua menghadap ke jalan. Pengujian dilakukan di jalan Tol Brebes-Pemalang selama kurang lebih satu jam. Hasil pengujian diperoleh sebagai berikut:

#### 1. Pengujian Kemiringan dan Getaran

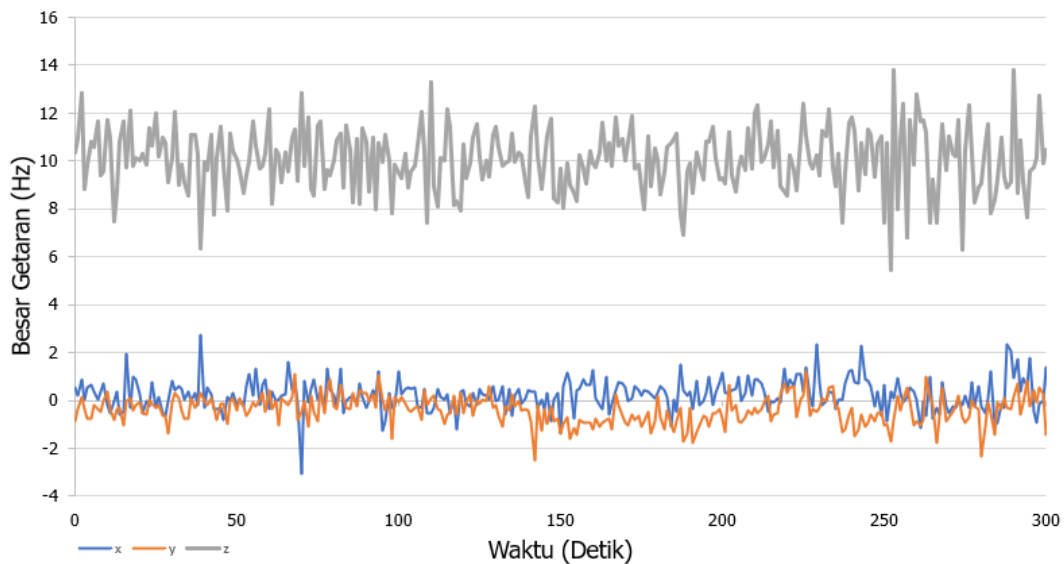
Dari hasil pengujian, didapatkan grafik yang menunjukkan variasi kemiringan dan getaran selama pengujian di ruas jalan tol seperti pada Gambar 6.

Gambar 6 merupakan grafik nilai kemiringan (*Gyroscope*) yang diambil

pada 10 menit pertama selama percobaan alat. Grafik tersebut menampilkan perubahan sudut pada sumbu X, Y dan Z pada alat. Berdasarkan dari hasil percobaan alat nilai perubahan sudut tertinggi yaitu pada sumbu Y, dengan perubahan sudut sebesar  $-23,27^\circ$ . Hal itu dikarenakan penempatan MPU6050 pada *dashboard* yang membujur ke depan sehingga perubahan sudut yang dihasilkan merepresentasikan hasil perubahan *roll* pada mobil. Perubahan kemiringan dapat diakibatkan oleh kondisi jalan yang tidak rata, perubahan arah, serta manuver kendaraan.



Gambar 6 Hasil Perolehan Modul MPU6050 pada Sensor Gyroscope

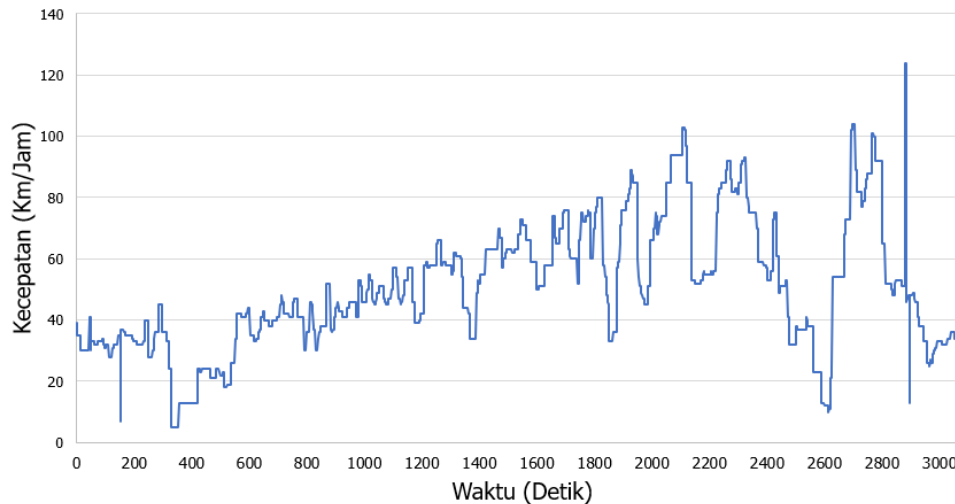


Gambar 7 Hasil Keluaran Modul MPU6050 pada Sensor Accelerometer

Sensor MPU6050 juga menampilkan hasil perubahan getaran (*accelerometer*) yang dihasilkan pada kendaraan selama pengujian berlangsung. Grafik perubahan getaran dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7, getaran yang dihasilkan dapat dilihat terdapat 3 sumbu yaitu X, Y dan Z di mana simpangan nilai tertinggi

pada Z yaitu senilai 13,8 pada detik ke 192. Sumbu Z merupakan hasil getaran yang merepresentasikan getaran atas bawah (*bouncing*) pada kendaraan. Sumbu Z dapat disebabkan oleh permukaan jalan yang kasar, kecepatan kendaraan, serta faktor-faktor lain seperti kondisi suspensi kendaraan.



Gambar 8 Hasil Perolehan Kecepatan pada Modul Beitian BE-220

## 2. Pengujian Kecepatan

Pengujian kecepatan dilakukan pada ruas jalan tol Tegal ke Pemalang dengan variasi kecepatan mulai dari 10 km/jam hingga 124 km/jam. Semua data direkam oleh sensor GPS yang terkirim ke *website*, riwayat rekaman data pada *website* diolah pada tampilan Gambar 8.

Gambar 8 merupakan grafik yang dihasilkan alat selama proses pengujian. Data yang diperoleh yaitu terdapat 3041 data atau selama 3041 detik. Dari hasil yang di dapat terdapat beberapa data yang hilang pada detik-detik tertentu, hal itu dikarenakan alat melewati daerah-daerah yang memiliki sinyal kurang stabil sehingga data tidak dapat terekam dan terkirim. Nilai kecepatan paling tinggi yaitu pada detik 2885 dengan nilai 124 km/jam

## KESIMPULAN DAN SARAN

Alat ini dirancang dan dibangun untuk membantu penyelidik lalu lintas maupun

otoritas regulasi dalam memperoleh bukti kuat berdasarkan rekaman audio serta video langsung dari sumbernya. Selain itu, hal ini juga dapat digunakan sebagai alat pembelajaran bagi pengemudi dan untuk meningkatkan kesadaran dan keamanan di jalan raya. Berdasarkan hasil yang telah dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa proses rancang bangun alat ini melibatkan berbagai tahap yaitu perakitan alat, pembuatan perintah dan program pada Raspberry Pi 4B, perancangan *website*, pengkalibrasian setiap sensor, dan pengujian penerapan langsung pada kendaraan.

Berdasarkan proses kalibrasi alat yang telah dilakukan, ditemukan bahwa pada perekaman video terdapat perbedaan waktu dalam proses penyimpanan yang disebabkan karena besarnya file yang direkam dan kemampuan komputasi Raspberry Pi 4 B dalam melakukan multitasking. Pada kalibrasi MPU6050, sensor menunjukkan *error* yang bervariasi pada setiap sudut pengukuran namun masih dalam batas tertentu. Pengujian



kalibrasi kecepatan menunjukkan bahwa nilai *error* rata-rata cukup kecil yaitu sebesar 2%, menunjukkan akurasi yang baik dari alat pengukur kecepatan. Modul *GPS Beitian BE-220* memiliki tingkat akurasi yang sangat baik untuk pengukuran koordinat, dengan *error* yang sangat kecil, yaitu rata-rata *error* pada *latitude* 0.00920% dan pada *longitude* 0.01389%.

Saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu, dalam proses perekaman nantinya dapat mengirimkan data video dan audio secara real time dalam bentuk streaming video dan dapat disimpan pada *website (cloud)* untuk mengantisipasi apabila alat terjadi kerusakan atau hilang pada saat kecelakaan terjadi. Selain itu, pada penelitian selanjutnya menggunakan kamera *webcam* dengan resolusi lebih tinggi dan mempunyai *night vision* dan *wide angle*, penambahan fitur deteksi mengantuk pada kamera, perancangan pada tempat atau wadah yang lebih kokoh dan ergonomis

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada Politeknik keselamatan Transportasi Jalan Tegal yang telah menyediakan segala kebutuhan dan ilmunya selama penelitian dilakukan. Semoga dengan adanya penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat bagi perusahaan transportasi, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, dan masyarakat pada umumnya dalam mengembangkan fitur-fitur keselamatan pada kendaraan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, *Statistik Transportasi Darat 2022*, vol. 8. Jakarta: Statistik Transportasi Darat 2021, 2023.
- [2] Undang - Undang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan, “Undang Undang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan,” 2009.
- [3] R. Hidayat, “Analisis faktor-faktor penyebab kecelakaan lalu lintas di jalan bypass kota padang km 10,” Bukit Tinggi, Sep. 2022. doi: <https://doi.org/10.33559/err.v2i1.1354>
- [4] Tohirin and Rustam, “Tinjauan sosiologis terhadap permintaan keterangan saksi dalam penyelesaian kasus kecelakaan lalu lintas,” *MJP Journal Law and Justice*, vol. 1, pp. 1–9, 2023, doi: <https://doi.org/10.59211/mjplj.v1i1.6>
- [5] A. Rivai and B. A. Wardijono, “Purwarupa sistem kendali kemudi kendaraan roda empat menggunakan giroskop pada realitas virtual berbasis mikrokontroler esp-wroom-32,” *Engineering, Mathematics and Computer Science*, vol. 3, pp. 1–10, Nov. 2021.
- [6] S Sethuraman and S Santhanalakshmi, “Menerapkan vehicle black box system dengan pendekatan berbasis iot,” *Departemen Ilmu dan Teknik Komputer Sekolah Teknik*, pp. 1–6, Aug. 2022.

- [7] Hilal, “Mengenal apa itu sd card,” Idmetafora. Accessed: Jun. 09, 2024. [Online]. Available: <https://idmetafora.com/news/read/2543/Mengenal-Apa-Itu-Sd-Card-Hingga-Perbedaannya-dengan-Penyimpanan-Lain.html>
- [8] G. Halfacree, *Raspberry Pi Beginner’s Guide*, 4th ed. Cambridge: Raspberry Pi Trading Ltd, 2020.
- [9] A. Widigdo, E. T. Christina, and D. Kristyawati, “Rancang bangun monitoring tempat sampah otomatis berbasis internet of things (iot) raspberry 3b+ menggunakan telegram bot dan notifikasi gmail,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 28, no. 2, pp. 117–132, 2023, doi: 10.35760/tr.2023.v28i2.6514.
- [10] P. S. Laksono and T. M. Kusuma, “Performance analysis of hector slam and gmapping for navigation for mobile robot navigation,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 27, no. 2, pp. 144–153, 2022, doi: 10.35760/tr.2022.v27i2.6063.
- [11] F. Zulkarnain, “Rancang bangun gimbal stabilizer dengan modul sensor mpu-6050 menggunakan complementary filter berbasis raspberry pi,” Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jakarta, 2020.
- [12] M. Iqbal, “Microcontrol ESP32,” Telkom University. Accessed: Aug. 11, 2023. [Online]. Available: <https://miqbal.staff.telkomuniversity.ac.id/mikrokontroler-esp32/>
- [13] Y. Rianto, “Pengontrol ruangan menggunakan mikrokontroler nodemcu dengan aplikasi telegram,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 26, no. 3, pp. 192–204, 2021, doi: 10.35760/tr.2021.v26i3.4900.
- [14] Muliadi, Al Imran, and M. Rasul, “Pengembangan tempat sampah pintar menggunakan esp32,” *Jurnal Media Elektrik*, vol. 17, no. 2, Apr. 2020.
- [15] U. Suwardoyo, M. Yunus, and H. S. Tadjjo, “Sistem keamanan mobil menggunakan gps dan penyadap suara,” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika*, pp. 1–5, 2023.
- [16] M. D. Prasetyo and M. Yamin, “Pengujian wahana unmanned aerial vehicle (uav) amphi-fly evo 1.0 untuk misi pencarian dan penyelamatan,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 23, no. 3, pp. 220–232, 2018, doi: 10.35760/tr.2018.v23i3.2471.
- [17] Litalia, “Pengertian webcam, fungsi webcam dan cara kerja,” Jurnalponseil. Accessed: Jan. 20, 2024. [Online]. Available: <https://www.jurnalponseil.com/pengertian-webcam-fungsi-webcam-dan-cara-kerja/>
- [18] S. S. Prayogo, Y. Permadi, and T. M. Kusuma, “Rancang bangun agrobot-ii: robot edukasi penanam benih tanaman padi dengan kendali jarak jauh,” *Jurnal*

- Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 25, no. 2, pp. 89–101, 2020, doi: 10.35760/tr.2020.v25i2.2676.
- [19] I. T. Putra, W. K. Raharja, and M. Karjadi, “Push button sistem keamanan pintu rumah menggunakan raspberry pi berbasis iot,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 23, no. 3, pp. 166–176, 2018, doi: 10.35760/tr.2018.v23i3.2466.
- [20] D. A. Rahayu and R. Kosasih, “Aplikasi sistem lacak kendaraan berbasis android menggunakan arduino uno dan modul sim808,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 23, no. 1, pp. 55–64, 2018, doi: 10.35760/tr.2018.v23i1.2451.
- [21] Alwansyah and A. Fahrurozi, “Implementasi internet of thing (iot) sistem monitoring kualitas air shrimp farming vaname pada aplikasi berbasis android,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 29, no. 1, pp. 71–85, 2024, doi: 10.35760/tr.2024.v29i1.11227.
- [22] W. K. Raharja, V. B. Odielia, and Risdiandri, “Sistem smart garden untuk monitoring kumbung jamur berbasis internet of things,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 27, no. 3, pp. 182–195, 2022, doi: 10.35760/tr.2022.v27i3.5569.