

Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi
 Jl. Ahmad Yani, K.M. 33,5 - Kampus STMIK Banjarbaru
 Loktabat – Banjarbaru (Tlp. 0511 4782881), e-mail: puslit.stmikbjb@gmail.com
 e-ISSN: 2685-0893
 p-ISSN: 2089-3787

Desain Kerangka Baru Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis EDR (*Event Data Recorder*)

Bagus Adhi Kusuma^{1*}, Kuart Indartono², Abdul Jahir³, Purwadi⁴, Arief Kurnia Ramadhani⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Prodi Informatika, Universitas Amikom Purwokerto

^{1, 2, 3, 4, 5}Jl. Letjend. Pol. Soemarto Watumas, Purwanegara, Purwokerto Utara, (0281) 623321

*Corresponding Author: bagus@amikompurwokerto.ac.id

Abstrak

Kendaraan bermotor adalah salah satu alat transportasi penting di Indonesia. Namun jumlah kecelakaan lalu-lintas kendaraan bermotor makin meningkat dari waktu ke waktu sehingga diperlukan suatu sistem yang dapat mengetahui kejadian riil pada saat terjadinya kecelakaan. Terkadang kecelakaan tunggal tanpa adanya saksi yang melihat kejadian tersebut dapat menimbulkan efek bahaya yang lebih parah bagi pengemudinya. Oleh karena itu, untuk meningkatkan faktor keselamatan bagi pengendara perlu dirancang suatu kerangka sistem terintegrasi yang dapat sekaligus berfungsi sebagai alat investigasi kecelakaan kendaraan bermotor. Pada penelitian ini kerangka dibangun dengan menggunakan sensor-sensor pendukung yang terekam dalam suatu *data logger* (EDR) yang berfungsi untuk menyimpan aktifitas selama periode tertentu. Investigasi kecelakaan dapat dapat terbantu dengan menggunakan kerangka ini, dan jumlah korban kecelakaan dapat diminimalisir dengan adanya *emergency system* yang terhubung dengan GPS dan aplikasi android. Invertigasi sangat berguna untuk memberikan rekomendasi penting terkait penyebab kecelakaan kepada dewan keselamatan transportasi di suatu negara, di Indonesia diatur oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT). Penelitian ini melakukan pengembangan sistem melalui pendekatan baru dari penelitian-penelitian sebelumnya yang menghasilkan suatu kerangka baru yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

Kata kunci: Kerangka, Emergency System, Investigasi, Kecelakaan Lalu-lintas, Data Logger

Abstract

Motorized vehicles are one of the important means of transportation in Indonesia. However, the number of motor vehicle traffic accidents is increasing from time to time, so we need a system that can find out the real events at the time of the accident. Sometimes a single accident in the absence of witnesses to see the incident can have a more severe hazard effect on the driver. Therefore, to increase the safety factor for motorists, it is necessary to design an integrated system that can simultaneously function as a vehicle accident investigation tool. In this study, a framework was built using supporting sensors recorded in a data logger (EDR) that functions to store activity for a certain period. Accident investigations can be helped by using this framework, and the number of accident victims can be minimized with an emergency system connected to GPS and an Android application. Investigation is very useful to provide important recommendations regarding the causes of accidents to the transportation safety board in a country, in Indonesia it is regulated by Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT). This research conducts system development through a new approach from previous studies which produces a new framework that can be used for further research.

Keywords: Framework, Emergency System, Investigation, Traffic Accident, Data Logger

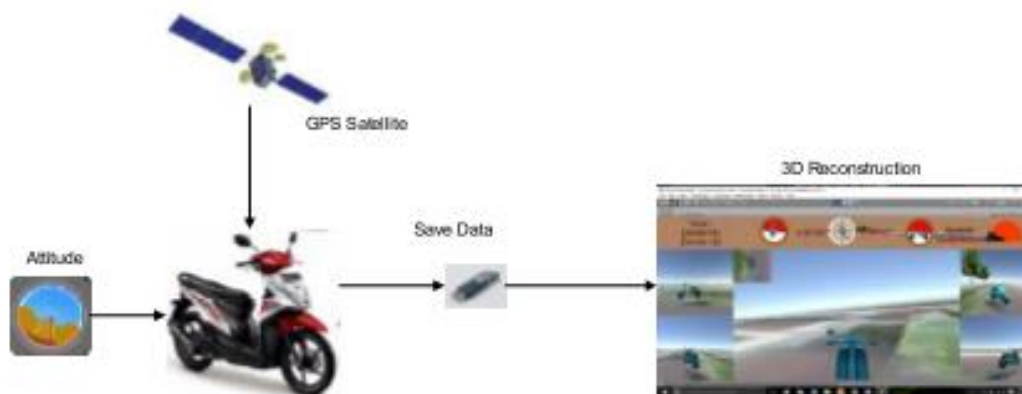
1. Pendahuluan

Kendaraan bermotor menjadi pilihan utama masyarakat di Indonesia. Hal tersebut dilihat dari naiknya pengguna kendaraan bermotor baik mobil maupun sepeda motor setiap tahunnya. Menurut penelitian [1] bahwa meningkatnya jumlah kendaraan di Indonesia pertahun berkisar antara 10-15% akan menimbulkan dampak seperti polusi udara, kemacetan dan kecelakaan lalu-lintas. Selain itu dari penelitian warta penelitian perhubungan, peningkatan jumlah kendaraan

bermotor justru berdampak menurunkan produk domestik regional bruto [2]. Berbagai efek negatif yang dapat ditimbulkan dari meningkatnya jumlah kendaraan bermotor sangat penting untuk dihindari terutama yang berkaitan dengan nyawa manusia. Kecelakaan yang disebabkan oleh pengguna kendaraan bermotor perlu diawasi ke depannya agar dapat disusun suatu rekomendasi penting terkait regulasi berkendara hingga perbaikan infrastruktur yang berbahaya. Kondisi jalan yang berlubang dapat membahayakan pengguna jalan kendaraan bermotor dan menjadi salah satu faktor terjadinya kecelakaan sebesar 16% [3]. Nilai ini tergolong nilai yang besar dari kecelakaan lalu-lintas yang berasal dari faktor lingkungan.

Angka kecelakaan lalu-lintas harus dapat ditekan agar tidak banyak menimbulkan dampak yang lain seperti kemacetan, memicu kecelakaan lainnya, kerugian banyak pihak hingga psikologis manusia. Masing-masing negara perhatian terhadap masalah ini dengan merekomendasikan beberapa aturan terkait keselamatan pengguna jalan. Adapun di setiap negara memiliki Dewan Keselamatan Transportasi untuk memantau dan menciptakan mekanisme transportasi yang aman. Dewan Keselamatan Transportasi juga bertugas merekomendasikan dan/atau menetapkan regulasi apa saja yang sekiranya dapat mencegah terjadinya kecelakaan di segala sektor, salah satunya berkaitan dengan elektronik seperti sistem EDR (*Event Data Recorder*).

Gambar 1 mengilustrasikan rekonstruksi gerakan sepeda motor dari desain sistem berbasis EDR. Data gerakan dari sensor dicatat di EDR untuk kemudian ditransfer ke software analisis forensik seperti merekonstruksi gerakan atau perpindahan motor yang dapat divisualisasikan secara 3D. Adapun beberapa hal yang direkam dalam EDR terkait koordinat posisi sepeda motor pada peta (lintang dan bujur), sikap kendaraan (sudut *roll* dan *pitch*), arah mata angin dan sebagainya [4].



Gambar 1. Ilustrasi EDR pada sepeda motor [4]

EDR pertama kali diterapkan khususnya pada dunia otomotif yakni pada tahun 1994 tepatnya pada kejuaraan Formula 1 [5]. Penggunaan EDR membantu teknisi dalam menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan tingkah laku pengendara, permesinan, komponen-komponen elektronik hingga analisis kecelakaan pada sirkuit balap. Pada tahun 2006, Dewan Keselamatan Transportasi Amerika Serikat (NHTSA) mengeluarkan regulasi terkait rekomendasi penggunaan EDR pada alat transportasi bermotor [6]. Regulasi ini membahas kebutuhan apa saja yang diperlukan dalam membangun sistem, keuntungan, serta biaya penggunaan EDR pada kendaraan bermotor.

Berbagai sistem EDR telah dibuat untuk meningkatkan sistem keamanan pada kendaraan misalnya dengan menggunakan berbagai sensor seperti IMU, RFID, kompas, sensor kemiringan, GPS, GSM dan berbagai sensor lainnya dengan mengintegrasikannya melalui telepon genggam [7–10]. Dari penelitian yang telah dikaji tersebut belum terdapat sistem *emergency* atau kegawatdaruratan jika terjadi kecelakaan. Oleh karena itu solusi yang ditawarkan pada kerangka yang akan diusulkan dalam penelitian ini selain memiliki sensor yang mengadopsi basis EDR juga terintegrasi dengan sistem kegawatdaruratan jika terjadi kecelakaan serta dapat menjadi data pendukung untuk kepentingan analisis forensik. Kerangka baru ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk para penyandang disabilitas bahkan orang dengan penyakit penyerta yang membutuhkan tindakan kegawatdaruratan pada saat berkendara.

2. Tinjauan Pustaka

Sistem pengaman sepeda motor menggunakan arduino pada penelitian Rino dan Deri memiliki fitur anti maling (*anti-theft*) dan dapat mengirimkan SMS dan sistem akan melakukan panggilan telepon sebanyak 3 kali pada jaringan GSM jika motor berusaha untuk dibobol. Jika saklar di nyalakan secara paksa maka sistem akan mengirimkan sms ke nomor yang dituju. Namun pada penelitian ini masih sangat sederhana, belum menggunakan *smartphone* dan modul GPS [11][12]. Modul GPS sangatlah penting untuk digunakan dalam sistem ini dikarenakan dengan modul ini pengguna dapat memantau bahkan melacak posisi motornya jika tercuri. Beberapa penelitian telah menggunakan GPS yang tersambung ke telepon pengguna yang dituju dan langsung dapat dipantau menggunakan *google maps* maupun *google earth* [13][14]. Penelitian tersebut yang menggunakan GPS dan GPS namun belum dilengkapi dengan fitur emergency system dan rekonstruksi 3D untuk keperluan tindakan forensik.

Data logger pada alat transportasi telah digunakan lebih dulu pada pesawat terbang dan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang berupa alat yang disebut dengan FDR (*Flight Data Recorder*) [15]. Bahkan perkembangan terkini adalah ke arah *wireless* dengan mengirimkannya ke server melalui koneksi internet [16]. Alat transportasi yang jika terjadi kecelakaan berdampak sangat parah sudah menerapkan sistem *data logger* dengan baik hingga diperhitungkan daya tahannya terhadap benturan dan suhu yang ekstrim. Kendaraan darat yang memiliki fitur komputer yang canggih seperti kendaraan otomatis juga dibenamkan sistem yang disebut EDR (*Event Data Recorder*) yang berfungsi untuk mengontrol sistem elektrik dan dapat digunakan sebagai *accident investigation* atau investigasi kecelakaan. Data dari EDR tersebut berjalan secara *real time* dan di beberapa negara sudah menjadi kelengkapan standar kendaraan untuk jenis *automated driving*. Hal tersebut dimaksudkan agar jika terjadi kecelakaan maka dapat dijadikan sebagai olah forensik terkait penyebab kecelakaan. Adapun di Indonesia badan negara yang menangani ini adalah KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi). KNKT bertugas menginvestigasi dan memberikan rekomendasi setiap kecelakaan seperti Aviasi, Kereta Api, transportasi darat dan laut [17]. Demi menghindari kecelakaan, KNKT mengembangkan rekomendasi kepada agen-agen transportasi, industri dan organisasi lainnya untuk meningkatkan keselamatan transportasi.

Event Data Recorder pada penelitian [18] dibangun dengan menggunakan mikrokontroler Atmega2560 dengan mengkoneksikan beberapa sensor yaitu temperature, *Global Positioning System* (GPS), sensor arus dan tegangan untuk memantau kondisi aki. LCD digunakan untuk menampilkan informasi suhu, arus, dan tegangan. Sedangkan SD Card juga digunakan untuk menyimpan data dari inputan sensor dan GPS dengan periode 100ms sampai dengan 60 detik. Pada penelitian ini sudah menggunakan baterai cadangan jika aki kondisi lemah. Kecepatan kendaraan direkam berdasarkan posisi koordinat GPS, akan tetapi alat ini belum dapat digunakan sebagai peringatan terhadap kecelakaan karena belum terhubung dengan komunikasi antar perangkat atau bersifat *offline*.

Desain dari EDR untuk memonitoring kendaraan dan menganalisis kecelakaan juga telah diteliti oleh Pankaj dan Khanapurkar dengan menggunakan sensor suhu, akselerometer, *gyro*, sensor alkohol, GPS dan GSM yang direkam pada modul SD Card. Sistem ini berbasis mikrokontroler yang dapat mengirimkan pesan ke nomor GSM seseorang jika terjadi kondisi yang berbahaya. Pesan yang dikirimkan terkait kondisi sensor-sensor yang terekam. Penelitian ini dapat digunakan sebagai alat untuk menganalisis suatu kecelakaan namun belum terintegrasi dengan sistem anti pencurian kendaraan [19].

Ali dkk pada tahun 2016 [4] telah mendesain suatu alat yang dapat merekonstruksi *movement* atau pergerakan dari sepeda motor dengan memanfaatkan sensor kompas, IMU dan GPS. Pergerakan sepeda motor tersebut dapat ditampilkan dalam suatu GUI (*Graphical User Interface*) dengan menampilkan pula kondisi derajat *pitch*, *roll*, kecepatan serta posisi koordinat GPS. Kombinasi *gyroscope* dan akselerometer sangat diperlukan mengingat akselerometer hanya baik digunakan pada bidang statis. Sensor *gyro* baik digunakan pada bidang dinamis, maka kedua sensor ini perlu dikombinasikan untuk dapat mengetahui posisi kendaraan lebih akurat. Sinyal dari luaran sensor dapat merepresentasikan apakah sepeda motor tersebut dalam posisi terjatuh atau mengalami tabrakan. Selain belum terintegrasi dengan sistem anti pencurian kendaraan, tidak dipungkiri bahwa penggunaan memori juga perlu diperhatikan, dikarenakan sistem *real time* sejenis ini memerlukan memori yang besar, sehingga perlu manajemen memori yang baik.

Sistem berbasis Android dan Arduino dapat dimanfaatkan sebagai pengaman sepeda motor dari tindak pencurian [20]. Arduino dan Android dikomunikasikan dengan sensor *bluetooth* dan *quick response code (QR-Code)* yang diperkaya dengan fitur *voice command* untuk menghidupkan dan mematikan mesin. Prototipe yang dikembangkan cocok digunakan pada kendaraan roda empat dengan fitur *central lock*. Pengujian yang dilakukan masih dipertimbangkan dalam aspek kepraktisan dan keamanan dan menjadi *future work* dari penelitian ini. Penelitian sejenis yang menggunakan Android dan Arduino serta sensor *bluetooth* memiliki jarak jangkauan 10 meter dengan tidak terhubung dengan daring [9]. Penelitian dengan menggunakan *bluetooth* ini cocok digunakan sebagai pengaman kendaraan sebagai implementasi pendekatan dari *immobilizer* yang berbasis RFID (*Radio Frequency Identification*), namun penggunaan RFID sistem tag hanya dapat dilakukan pada jarak yang sangat dekat yaitu kurang lebih 0-2 cm [21]. Sehingga jika dipertimbangkan dari jarak, penggunaan sensor *bluetooth* sebagai aproksimasi fungsi *immobilizer* akan lebih praktis jika dibandingkan dengan menggunakan WiFi sehingga pada zaman sekarang teknologi *keyless entry* sangat digemari yang mana teknologi pembacaan sinyal *wireless* dari jarak yang tidak cukup jauh dibutuhkan untuk tetap menjaga faktor keamanan [10].

Pengguna *mobile* Android yang semakin hari semakin banyak dapat menjadi peluang pengembangan sistem yang praktis dan *user friendly*. Beberapa penelitian dirancang berbasis Android dan Arduino dengan mengintegrasikan menu pelacakan kendaraan bermotor dengan fitur SMS dan *google maps*. Kelebihan lainnya adalah dengan adanya fitur kontrol jarak jauh untuk menyalakan alarm dan mematikan mesin [22][23]. Namun pada penelitian ini belum mengintegrasikan rekonstruksi 3D dan olah forensik.

Sistem *immobilizer* lainnya yaitu dengan menggunakan *biometric* jenis sidik jari seperti pada penelitian [24]. Sidik jari didaftarkan pada alat sebesar genggam tangan, sehingga orang yang memiliki akses kendaraan adalah orang yang telah mendaftarkan sidik jarinya pada alat tersebut. Penelitian ini sangat mempertimbangkan faktor keamanan pengguna, namun perangkat tersebut memiliki biaya yang relatif mahal serta belum terintegrasi dengan *smartphone* [25].

Berdasarkan tinjauan pustaka tersebut di atas maka dapat diusulkan kerangka baru untuk dapat mengakomodir permasalahan yang terjadi pada pengguna jalan raya, dengan harapan dapat mengintegrasikan sistem EDR, *emergency system* dan analisis forensik.

3. Metodologi

3.1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini yaitu sistem keamanan kendaraan bermotor berbasis EDR (*Event Data Recorder*). Adapun alasan pengambilan objek ini yaitu bahwa regulasi Dewan Keselamatan Transportasi telah merekomendasikan penggunaan EDR pada kendaraan bermotor untuk meningkatkan keselamatan transportasi. Selain itu terkait urgensi penggunaan EDR dengan lebih dulu dikenal di dunia aviasi/penerbangan dengan sebutan populer "*Black Box*". Kemudian pengembangan sistem EDR sangatlah pesat dan beragam di era industri 4.0, bahkan akan menginjak ke revolusi industri 5.0 yang berbasis *society*, sehingga sistem EDR ini ke depan dapat melibatkan berbagai kalangan pengguna.

3.2. Metode Penelitian

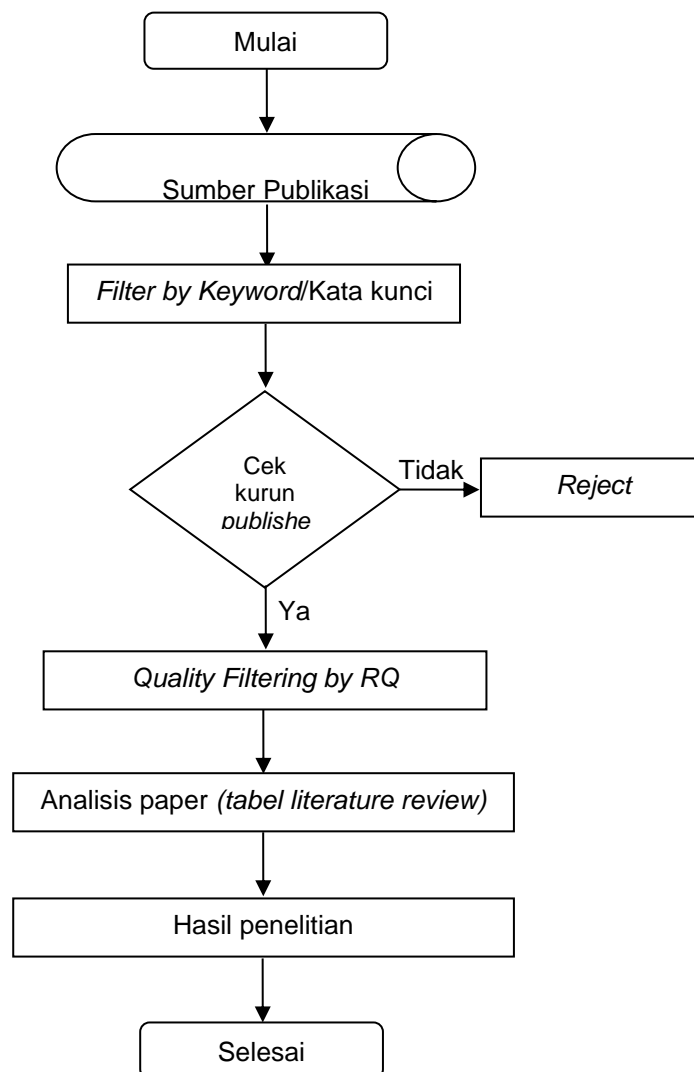
Penelitian ini berbasis survei literatur yang alur penelitian dikendalikan melalui empat buah *research question (RQ)* atau pertanyaan penelitian sebagai berikut;

- RQ1: Sejauh mana penggunaan jenis sensor dalam pengembangan EDR pada sistem keamanan kendaraan bermotor?
- RQ2: Apakah fitur EDR yang telah dikembangkan sebelumnya selalu memiliki sistem terintegrasi dengan fitur *anti-theft*, *emergency system* dan analisis forensik?
- RQ3: Manakah penelitian yang memiliki kerangka sangat relevan dan sesuai atau mendekati regulasi yang direkomendasikan Dewan Keselamatan Transportasi?
- RQ4: Bagaimana membangun suatu kerangka yang terintegrasi dengan ketiga prinsip berikut yaitu *Anti-Theft*, *Emergency System*, *Forensik*?

Guna mendapatkan jawaban dari keempat pertanyaan penelitian tersebut, beberapa tahapan dilakukan seperti tampak pada Gambar 2 meliputi pencarian literatur yang relevan dengan menggunakan beberapa keyword seperti *framework*, *event data recorder*, *emergency system transportation*, *EDR Data Logger*, sistem keamanan kendaraan bermotor, dan sebagainya. Studi kelayakan literatur atau tahapan *Quality Assessment (QA)* yang salah satunya dikontrol dengan menggunakan batasan tahun terbitan sebagian besar dari publikasi kurun 5

tahun terakhir. Kemudian tahapan penyaringan kualitas publikasi dengan menjawab beberapa pertanyaan berikut.

- QA1: Apakah publikasi tersebut bereputasi dan terbit dalam kurun waktu tidak lebih dari 5 (lima) tahun? jika Ya maka lanjutkan kepada substansi paper, jika Tidak cek selanjutnya untuk QA2.
- QA2: Apakah publikasi berhubungan dengan sejarah singkat dan/atau regulasi sistem EDR terdahulu? jika Ya dapat diambil sebagai referensi paper yang relevan, jika Tidak maka dieliminasi.
- QA3: Apakah publikasi tersebut mutlak berbasis tiga fitur berikut yang harus ada yaitu *Anti-Theft*, Emergency System dan Forensik, serta dengan menggunakan berbagai jenis sensor yang bermanfaat dalam pengembangan sistem EDR?
- QA4: Apakah fitur sistem EDR dalam publikasi dapat digolongkan ke dalam salah satu dari tiga tipe pengembangan yaitu Keamanan dari tindak pencurian (*Anti-Theft*), Emergency System atau Forensik?



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Metode selanjutnya adalah analisis hasil dengan menggunakan tabel *literature review* yang ada maka dapat didesain suatu kerangka baru berbasis EDR yang belum pernah diusulkan sebelumnya. Sistem ini sebagai *start-up* sehingga memiliki daya beli yang tinggi di masyarakat dengan harga yang relatif murah namun tetap memiliki fungsi vital. Ide atau gagasan dari

penelitian ini juga memaparkan rekomendasi terhadap pengembangan selanjutnya yang dapat direalisasikan. Rekomendasi hasil penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk diagram yang disertai penjelasan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Seleksi Pencarian Publikasi Berdasarkan RQ

Hasil pencarian publikasi bertipe jurnal, symposium, dan *report* berdasarkan kata kunci yang relevan dengan menggunakan beberapa kata kunci seperti *framework*, *event data recorder*, *emergency system transportation*, *EDR Data Logger*, sistem keamanan kendaraan bermotor, dan lainnya telah menghasilkan beberapa hasil yang relevan seperti ditampilkan pada Tabel 1. Pada Tabel 1 merupakan menyeleksi berdasarkan empat buah QA yang telah ditentukan sebelumnya. Jika di dalam publikasi tersebut memuat jawaban dari salah satu atau seluruh QA maka akan digunakan sebagai referensi analisis penelitian dalam menjawab RQ dimana RQ1 terkait penggunaan sensor dan RQ2 terkait relevansi mutlak dari tiga fitur *anti-theft*, *emergency system* dan analisis forensik. RQ3 terkait relevansi terhadap regulasi Dewan Keselamatan Transportasi. Sedangkan RQ4 terkait dengan ada atau tidaknya desain sistem yang dibangun pada penelitian sebelumnya berdasarkan ketiga fitur secara mutlak yang terdapat pada RQ2, jika Tidak maka bagaimana merancang sistem tersebut, jika Ya bagaimana menyempurnakan sistem tersebut agar dapat lebih baik lagi.

Tabel 1. Tabel Ulasan & Seleksi Literatur

No	Penulis	Ref	Judul	Tahun	QA1	QA2	QA3	QA4
1	T. C. Mallick, M. A. I. Bhuyan, and M. S. Munna	[15]	Design & Implementation of an UAV (Drone) with Flight Data Record	2006		√		√
2	A. Ashish and S. B. Chougule	[16]	Wireless Flight Data Recorder (FDR) for airplanes	2012		√		√
3	A. Łebkowski	[18]	Electric Vehicle Data Recorder	2017	√			√
4	P. Chandankhede and M. M. Khanapurkar	[19]	Design of Event Data Recorder for Vehicle Monitoring and Crash Analysis System	2015	√			√
5	K. Indartono and A. Jahir	[20]	Prototype Sistem Keamanan Mobil Dengan Menggunakan Quick Prototype of Car Scurity System Using Quick Response Code Based	2019	√			√
6	A. H. Alasiry, E. S. Ningrum, E. B. Utomo, and L. N. B. Nugroho	[4]	Prototype design of EDR (event data recorder) on motorcycle	2016	√			√
7	P. G. Wright	[5]	The analysis of Accident Data Recorder (ADR) data in Formula 1	2000		√		√
8	A. D. N. Setyawan	[21]	Perancangan Immobilizer Berbasis RFID untuk Sepeda Motor	2016	√			√
9	A. Goeritno and M. Y. Afandi	[24]	Modul Elektronika Berbasis Mikrokontroler sebagai Sistem Pengaman pada Mobil Terintegrasi dengan Engine Immobilizer	2019	√			√

10	A. F. Adebayo, A. M. Iyabode, Y. N. Nureni, and A. A. Kikelomo	[25]	Electronic Theft Deterrent Biometric Module: An Automated Immobilizer and Access Control System for Millennium Vehicles	2015	√			√
11	P. Yoki. Purnama and Edidas	[10]	Pengembangan Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan Arduino Uno Berbasis Smartphone Android	2020	√			√
12	I. Kholilah and A. R. Al Tahtawi	[9]	Aplikasi Arduino-Android untuk Sistem Keamanan Sepeda Motor	2017	√			√
13	Ardiansyah, I. Beni, and T. Rismawan	[8]	Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Dengan Sms Gateway Berbasis Mikrokontroler dan Android	2015	√			√
14	H. Isyanto, A. Solikhin, and W. Ibrahim	[7]	Perancangan dan Implementasi Security System pada Sepeda Motor Menggunakan RFID Sensor Berbasis Raspberry Pi	2019	√			√
15	R. R. Rachmat and E. S. Julian,	[11]	Pengaman Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler	2016	√			√
16	Fernando Napitupulu Ekki Kurniawan, Cahyantari Ekaputri	[13]	Desain Dan Implementasi Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroller	2017	√			√
17	Deri Andesta, Rian Ferdian	[12]	Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler dan Modul GSM	2018	√			√
18	E. A. Siddiq and H. Effendi	[14]	Sistem Monitoring Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler Menggunakan GPS	2020	√			√
19	A. Nurani, F. Sirait, and I. U. V. Simanjuntak	[22]	Sistem Pengaman Sepeda Motor dengan Pelacak dan Kontrol Jarak Jauh Berbasis Android	2020	√			√
20	Hasbu Naim Syaddad	[23]	Perancangan Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan GPS Tracker Berbasis Mikrokontroler Pada Kendaraan Bermotor	2019	√			√

Pada Tabel 1 mengindikasikan bahwa QA1, QA2 dan QA4 diberi tanda centang yang berarti literatur mengenai sistem keamanan sepeda motor sangatlah banyak namun dalam kurun waktu 5 tahun lampau belum ada yang memiliki kerangka dengan sistem yang dicari dalam penelitian ini. Terbukti bahwa kolom QA3 tidak tercentang sama sekali dari sekian banyak jurnal yang diulas. Kebanyakan publikasi mengembangkan sistem keamanan sepeda motor dengan

monitoring, tracking dan kontrol dari jarak jauh. Perangkat Android juga diimplementasikan untuk mempermudah pengguna dalam mengoperasikan sistem. Pada intinya sistem EDR dengan fitur anti maling sudah dikembangkan namun tidak terintegrasi secara mutlak dengan *emergency system* dan rekonstruksi 3D.

4.2. Analisis dan Pembahasan RQ

Pada bagian analisis *research question* atau pertanyaan penelitian ini akan dibahas secara komprehensif terkait penelitian terdahulu. Tabel 2 merupakan analisis dan pembahasan RQ mencakup sebagian besar publikasi yang relevan dan direview dalam penelitian ini.

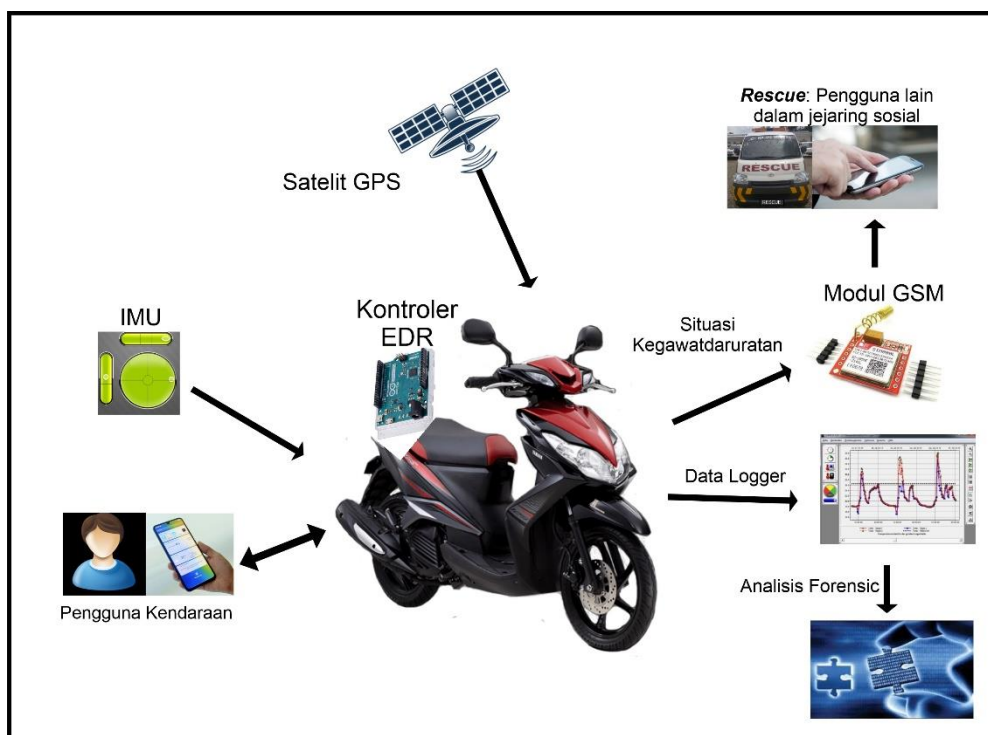
Tabel 2. Analisis dan Pembahasan RQ.

No. RQ	Uraian RQ	Analisis & Pembahasan
RQ1	Sejauh mana penggunaan jenis sensor dalam pengembangan EDR pada sistem keamanan kendaraan bermotor?	<p>Sensor memiliki peran penting dalam pengembangan sistem keamanan kendaraan bermotor berbasis mikrokontroler. Adapun jenis sensor yang digunakan dalam beberapa sistem meliputi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ IMU GY-521 6050 ▪ Modul GSM (<i>Global System for Mobile Communication</i>) ▪ Modul GPS (<i>Global Positioning System</i>) ▪ Modul SD Card Writer/Reader ▪ Modul Real-time Clock ▪ Modul Tilt Sensor ▪ Modul RFID ▪ Modul Biometric / Sidik jari ▪ Mic Transducer for voice recognition ▪ MP3 Module
RQ2	Apakah fitur EDR yang telah dikembangkan sebelumnya selalu memiliki sistem terintegrasi dengan fitur <i>anti-theft, emergency system</i> dan analisis forensik?	<p>Tidak satupun dari publikasi sistem keamanan kendaraan bermotor yang telah direview memiliki ketiga fitur berikut yaitu <i>anti-theft/maling, emergency system</i> dan analisis forensik. Konfigurasi fitur yang terdapat dalam kajian ini terbagi menjadi beberapa kemungkinan berikut.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hanya Anti-theft [7–14],[20–25]. ▪ Hanya analisis forensik [18][19]. ▪ Anti-theft dengan analisis forensik [4]. <p>Sistem keamanan yang meliputi kategori anti-theft adalah sistem dengan fitur pencegahan terhadap tindakan pencurian seperti fitur <i>immobilizer</i>, pengaman QR code reader, RFID, sidik jari dan <i>remote wireless</i> berteknologi <i>bluetooth</i> ataupun WiFi yang mana sistem jenis ini dapat dikontrol maupun yang tidak dapat dikontrol dari jarak jauh.</p> <p>Sedangkan untuk sistem dengan kategori <i>anti-theft</i> dengan analisis forensik adalah sistem <i>anti-theft</i> ditambah dengan fitur <i>3D reconstruction</i>. Fitur ini digunakan untuk keperluan analisis forensik terhadap suatu kejadian kecelakaan lalu-lintas.</p> <p>Fitur <i>emergency system</i> belum ditemukan dalam penelitian terdahulu. Sistem ini adalah <i>early warning system</i> yang dikirimkan ke pengguna lain (nomor HP terdaftar) apabila kendaraan dalam posisi darurat seperti terjatuh (pada motor), mengalami kecelakaan lainnya yang menyebabkan gaya G (<i>G Force</i>) yang tinggi. Pengguna lain akan dikirimkan koordinat GPS agar mengetahui lokasi kejadian perkara. Terdapat pula tombol <i>emergency</i> pada kendaraan untuk mengirimkan sinyal bahaya dalam kondisi tertentu.</p>

RQ3	Manakah penelitian yang memiliki kerangka sangat relevan dan sesuai atau mendekati regulasi yang direkomendasikan Dewan Keselamatan Transportasi?	Berdasarkan kajian pustaka dapat disimpulkan bahwa sistem berbasis EDR yang mendekati regulasi Dewan Keselamatan Transportasi yaitu pada penelitian Ali dkk [4]. Sistem ini sudah memiliki dua fitur yaitu <i>anti-theft</i> dan analisis forensik namun belum memiliki fitur <i>emergency system</i> . Hasil EDR yang tersimpan dalam memori dapat digunakan untuk merekonstruksi arah orientasi kendaraan dengan cara memanfaatkan sensor IMU (accelerometer + Gyroscope) dan kompas.
RQ4	Bagaimana membangun suatu kerangka yang terintegrasi dengan ketiga prinsip berikut yaitu <i>anti-theft</i> , <i>Emergency System</i> , <i>Forensik</i> ?	Membangun kerangka sistem yang memiliki ketiga fitur dalam RQ yaitu dengan menyempurnakan penelitian yang sudah ada sebelumnya dengan menggunakan modul GSM untuk mengirimkan pesan darurat. GPS digunakan pula untuk menentukan koordinat tempat kejadian perkara. Sistem harus direkam secara <i>real-time</i> menggunakan modul SD Card untuk dapat dianalisis secara offline menggunakan perangkat lunak yang didesain khusus terkait pendeteksian orientasi dan arah kendaraan selama dipergunakan. Data EDR haruslah dienkripsi untuk menghindari tindakan kriminal dan sebaiknya dioptimalisasi ukuran <i>filenya</i> agar tidak terlalu besar.

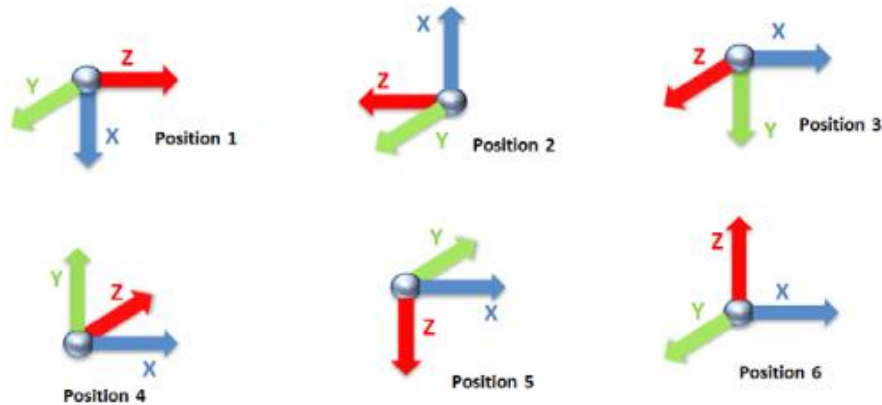
4.3. Kerangka Usulan Baru

Kajian pustaka yang telah dilakukan pada penelitian ini merekomendasikan suatu kerangka baru dalam desain sistem keamanan kendaraan bermotor baik itu untuk diterapkan pada motor, mobil, bus, truk dan mayoritas jenis kendaraan darat lainnya. Sistem ini berbasis mikrokontroler yang dipasang pada kendaraan beserta dengan sensor serta aktuator yang diperlukan. Secara garis besar kerangka usulan baru ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka Baru Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor

Kerangka pada Gambar 3 ini mengusung teknologi Revolusi Industri 4.0 dengan biaya yang relatif murah. Sensor dan aktuator yang digunakan tidak banyak namun tetap memiliki fungsi vital pada sistem keamanan kendaraan. Prinsip kerja dari kerangka sistem ini adalah pengguna menggunakan telepon genggam untuk mengaktifkan/menonaktifkan sistem alarm kendaraan. Jika sudah tersambung maka pada layar telepon genggam dapat menampilkan nilai sensor IMU/Orientasi/kemiringan.



Gambar 4. Enam posisi dari ketiga sumbu x, y, z sensor IMU (26)

Berdasarkan beberapa penelitian, sensor IMU banyak digunakan secara teknis pada berbagai perangkat seperti *smartphone*, *tablet*, *smart TV/monitor*, *autonomous car*, ECU (*Electrical Control Unit*) pada kendaraan bermotor, UAV dan berbagai perangkat lainnya [27]. Sistem kerja IMU pada dasarnya mencakup orientasi tiga sumbu yaitu x, y, dan z seperti tampak pada Gambar 4, dimana dengan 6 posisi ini maka dapat diperoleh 18 pengukuran yang sesuai dengan setiap sumbu [26]. Penggunaan sensor IMU harus dilengkapi dengan sistem kalibrasi sebelum menjalankan algoritme sensor. Secara teknis, kalibrasi ini membutuhkan nilai offset yang dibutuhkan untuk kalibrasi dengan cara menaruh sensor tersebut diatas bidang datar atau bidang yang dianggap sebagai awal mula orientasi kemudian mengukur luaran sensor. Pemberian nilai *discrimanation windows* dapat dilakukan jika sensor mengalami derau pada saat kondisi diam [28]. Pengukuran nilai *offset* ini sebaiknya dilakukan sebanyak-banyaknya untuk mendapatkan nilai rata-rata dari *offset* tersebut Setelah proses kalibrasi, distribusi dari semua sumbu IMU yaitu x, y, z disetel dengan nilai $(0, 0, 0)$ yang berarti pula merupakan titik awal mula posisi sensor (29). Metode kalibrasi ini dapat menggunakan metode *Least Square*. Matrik kalibrasi (C_k) dapat didefinisikan dengan menggunakan persamaan (1) dimana L_k adalah matrik berisi nilai aktual yang diekstrak dari referensi sistem sensor yang diketahui, dan S_k adalah matrik yang mana berisi 9×2 pengukuran data mentah yang dikoreksi. Sedangkan untuk matrik S_k dapat direpresentasikan dengan persamaan (2), dimana berisi ketiga sumbu x, y, dan z dengan total 18 pengukuran seperti yang dijelaskan pada Gambar 4 [26].

$$C_k = (L_k)(S_k)^T[(S_k)(S_k)^T]^{-1} \quad (1)$$

$$S_k = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 \\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4 & y_5 & y_6 \\ z_1 & z_2 & z_3 & z_4 & z_5 & z_6 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Penggunaan sensor IMU pada kendaraan sebaiknya menggunakan *filter* agar hasil pembacaan cukup stabil, karena jika tidak menggunakan *filter*, pembacaan sensor dapat meleset hingga $\pm 3\%$ [30]. Salah satu metode peningkatan pembacaan dapat dilakukan dengan metode *Kalman Filter* dan *Least Square*. Metode ini cukup sederhana untuk memprediksi luaran hasil sensor dari berbagai pergerakan atau orientasi yang ada, sehingga dengan menggunakan metode ini kemiringan kendaraan atau sudut elevasi kendaraan dapat dideteksi dengan cukup akurat dengan persamaan regresi [31]. Persamaan regresi dapat menentukan posisi atau orientasi suatu sensor IMU [32].

Auto pairing antara telepon genggam dan sistem kontroler sangat diperlukan dan dapat menggunakan *bluetooth* ataupun *WiFi*. *Auto pairing* ini sama layaknya dengan sistem *immobilizer* yang sudah ada sejak lama dan masih banyak digunakan karena kepraktisannya, contohnya pada sistem *keyless entry* seperti pada kendaraan menengah ke atas. Pada sistem ini, *auto pairing* secara teknis dapat menggunakan *smartphone* yang dikoneksikan melalui *bluetooth*. Adapun modul *bluetooth* yang dapat digunakan misalnya tipe HC-05 dan HC-06 [33][34]. Alasan menggunakan konektivitas *bluetooth* dikarenakan untuk faktor keamanan, dimana jarak antara *smartphone* dengan kendaraan tidak terlalu jauh, sehingga kendaraan masih dapat terpantau. Namun pada saat aktivitas *pairing* perangkat, usahakan jarak tidak terlalu jauh, dikarenakan waktu *pairing* yang dibutuhkan akan semakin lama jika jarak *smartphone* dengan modul *bluetooth* semakin menjauh [35]. Selain itu, secara teknis konektivitas antara modul *bluetooth* dengan mikrokontroler dapat menggunakan jenis komunikasi *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) dengan menggunakan pin TX/RX [36].

Modul GSM digunakan untuk mengirimkan pesan ke pengguna lainnya terkait pula lokasi tempat kejadian perkara *emergency*. Terdapat pula beberapa modul yang selain menggunakan koneksi sms juga menggunakan GPRS untuk berkiriman paket data. Pada sistem ini, secara teknis modul ini digunakan sebagai pengganti fungsi telepon seluler [37]. Cara kerja sensor ini menggunakan *AT Command*. *AT Command* adalah protokol komunikasi yang digunakan modul GSM untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Beberapa modul GSM membutuhkan catu daya yang relatif besar terutama untuk proses transmisi data sebagai transmitter, sehingga diperlukan inputan arus dari luar mikrokontroler atau langsung ke baterai dengan kapasitas arus listrik di atas 2 Ampere [38]. Modul GSM rata-rata dapat digunakan sebagai komunikasi dua arah, namun kendala teknis yang sering terjadi adalah tidak terjadinya komunikasi antara mikrokontroler dengan modul GSM dikarenakan tidak tersambunganya *Ground* (GND) dikedua perangkat tersebut [39].

Pada sistem ini, secara teknis modul GPS dikoneksikan untuk mengetahui posisi kendaraan bermotor. GPS berfungsi juga sebagai alat pelacak kendaraan serta menghitung jarak perpindahan serta kecepatan kendaraan. Cara kerja GPS adalah menerima sinyal koordinat dari satelit GPS berupa variabel *longitude* (garis lintang) dan *latitude* (garis bujur). Data ini dapat dibuka melalui *Google Maps* sehingga dapat menampilkan lokasi dalam peta yang *user friendly* [40]. GPS menggunakan komunikasi serial (TX/RX) untuk dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler, namun luaran modul GPS terkadang tidak akurat sehingga beberapa penelitian menggunakan pendekatan *sensor fusion* untuk meningkatkan kualitas pembacaan modul GPS. *Sensor fusion* disini adalah mengintegrasikan sensor GPS dengan sensor yang lain seperti *accelerometer*, *gyroscope* ataupun *magnetometer* [41]. Adapun cara yang digunakan dalam menghitung jarak perpindahan melalui sensor GPS adalah dengan menggunakan data kecepatan relatif terhadap tanah yang dihasilkan modul GPS. Secara umum, modul GPS dapat menghasilkan beberapa informasi seperti *latitude*, *longitude*, kecepatan, jumlah partisipasi satelit, *altitude*/ketinggian, serta tanggal dan waktu. Berdasarkan data kecepatan maka suatu akselerasi (a) dapat dihitung menggunakan persamaan (3), dimana v adalah kecepatan dan t adalah waktu. Maka dari itu, untuk menghitung jarak tempuh (s) dapat dihitung menggunakan persamaan (4), dimana a adalah percepatan yang dihitung sebelumnya, v_0 adalah kecepatan awal, dan t adalah waktu [42].

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_1 - v_2}{t_1 - t_2} \quad (3)$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (4)$$

Terakhir adalah sistem *data logger* dengan modul SD-Card yang tertanam untuk memonitoring pergerakan kendaraan secara *real-time* sekaligus untuk analisis forensik bila suatu saat terjadi sesuatu hal yang diperlukan. Data aktivitas sensor yang terekam atau disebut juga sistem EDR (*event data recorder*) ini dapat diekstrak menggunakan software tertentu untuk dapat membaca informasi dari isi data yang terenkripsi tersebut. Hal ini tentu saja sangat berguna untuk menganalisis kecelakaan lalu-lintas dan dapat pula dijadikan sebagai barang bukti kejadian, terlebih jika tidak ada saksi pada sekitar lokasi kejadian. Intinya data logger merekam seluruh aktivitas sensor maupun aktuator dalam suatu sistem [43]. Secara teknis penulisan ke suatu

modul SD-Card dari mikrokontroler yaitu dengan menggunakan komunikasi *Serial Peripheral Interface* (SPI). Namun beberapa kendala tidak terekamnya penulisan data ke suatu modul ini dikarenakan tidak diberikannya *delay* penulisan yang direkomendasikan oleh buku petunjuk alat tersebut. Kapasitas memori yang dibutuhkan tergantung pada ukuran file data tersebut dan jumlah data yang akan dituliskan. Oleh karena itu dapat digunakan persamaan (5) untuk menghitung jumlah penulisan yang dapat dilakukan oleh suatu kapasitas memori tertentu, dimana *Kapasitas SDCard* dan *Ukuran File/Hari* harus dalam satuan yang sama [44].

$$\text{JumlahPenulisan} = \frac{\text{Kapasitas SDCard}}{\text{Ukuran File/Hari}} \quad (5)$$

Pada pengembangan sistem yang lebih kompleks (*optional*), sistem ini dapat diintegrasikan pula berbagai sensor tambahan seperti pengukur tegangan aki, suhu, kualitas udara, barometer dan lain sebagainya. Sedangkan untuk aktuator dapat mengkoneksikan *buzzer*, *speaker* dengan modul MP3, dan layar LCD. Metode pengaktifan motor selain menggunakan telepon genggam, dapat juga ditambahkan dengan modul RFID untukantisipasi peminjaman kendaraan yang bukan pemilik. *Future work* dari penelitian ini adalah bagaimana ke depannya sistem ini dapat memberikan saran kepada pengguna terkait fitur keselamatan lainnya seperti deteksi kontur jalan yang kurang baik dengan menggunakan sensor IMU, kemudian monitoring kesehatan kendaraan terkait perawatan berkala atau insidental yang diperoleh dari sensor yang terintegrasi pada kendaraan. Selain itu dapat memberikan informasi tambahan kepada pengguna terkait cuaca sekitar atau dalam radius tertentu yang tersambung ke *server* dengan konsep *Internet of Things* hingga sistem kecerdasan buatan yang disematkan pada sistem.

5. Kesimpulan

Fitur keselamatan pengguna kendaraan bermotor sangatlah penting, terutama untuk menekan dan menghindari angka pencurian kendaraan, kecelakaan dan timbulnya korban jiwa. Berdasarkan analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa desain kerangka baru yang diusulkan dalam penelitian ini adalah tiga buah fitur yang terintegrasi menjadi satu kesatuan. Ketiga fitur tersebut yakni *anti-theft*/anti maling, *emergency system* dan analisis forensik. Tujuan dikembangkannya kerangka ini adalah menawarkan sistem keamanan kendaraan bermotor yang komprehensif. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun sistem ini relatif murah dengan dukungan sensor dan aktuator yang banyak tersedia dipasaran. Sistem terintegrasi ini memiliki potensi pengembangan ke depan yang baik seperti deteksi kontur jalan yang kurang baik untuk pencegahan dari salah satu faktor penyebab terjadinya kecelakaan, sampai dengan pengembangan berbasis IoT serta penyematan algoritma kecerdasan buatan.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Pangestu F, Widodo AW, Rahayudi B. Prediksi Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia Menggunakan Metode Average-Based Fuzzy Time Series Models. *J Pengemb Teknol Inf dan Ilmu Komput.* 2018; 2(9): 2923–9.
- [2] Priyambodo. Analisis Korelasi Jumlah Kendaraan dan Pengaruhnya Terhadap PDRB di Provinsi Jawa Timur *Correlation Analytic of Vehicles and GDP on East Java Province.* *War Penelit Perhub.* 2018; 30: 59–65.
- [3] Marsaid, Hidayat M, Ahsan. FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN KEJADIAN KECELAKAAN LALU LINTAS PADA PENGENDARA SEPEDA MOTOR DI WILAYAH POLRES KABUPATEN MALANG. *J Ilmu Keperawatan.* 2013; 1(2): 98–112.
- [4] Alasiry AH, Ningrum ES, Utomo EB, Nugroho LNB. Prototype design of EDR (event data recorder) on motorcycle. In: *Proceedings - 2016 International Electronics Symposium, IES 2016* [Internet]. 2017: 117–21. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7860986>
- [5] Wright PG. The analysis of Accident Data Recorder (ADR) data in Formula 1. *SAE Tech Pap.* 2000; (724).
- [6] NCSA. Final Regulatory Evaluation. 2006.
- [7] Isyanto H, Solikhin A, Ibrahim W. Perancangan dan Implementasi Security System pada Sepeda Motor Menggunakan RFID Sensor Berbasis Raspberry Pi. *Resist (elektRonika kEndali Telekomun tenaga List kOmputer)* [Internet]. 2019; 2(1): 29. Available from:

- <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/resistor/article/view/4000>
- [8] Ardiansyah, Beni I, Rismawan T. Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Dengan Sms Gateway Berbasis Mikrokontroler dan Android. *J Coding, Sist Komput Untan*. 2015; 03(1): 42–51.
- [9] Kholilah I, Al Tahtawi AR. Aplikasi Arduino-Android untuk Sistem Keamanan Sepeda Motor. *J Teknol Rekayasa*. 2017; 1(1): 53.
- [10] Yoki. Purnama P, Edidas. Pengembangan Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan Arduino Uno Berbasis Smartphone Android Yoki Purnama Putra 1*, Edidas 2 1. *Vocat Tek Elektron dan Inform*. 2020; 8(1): 107–15.
- [11] Rachmat RR, Julian ES. Pengaman Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler. *J Inf Technol*. 2016; 13(2): 1–10.
- [12] Andesta D, Ferdian R. Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler dan Modul GSM. *J Inf Technol Comput Eng*. 2018; 2(02): 51–63.
- [13] Fernando Napitupulu Ekki Kurniawan, S.T., M.S.c. Cahyantari Ekaputri STMT. DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS MIKROKONTROLLER. In: *e-Proceeding of Engineering*. 2017: 1449–56.
- [14] Siddiq EA, Effendi H. Sistem Monitoring Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler Menggunakan GPS. (*JURNAL Tek ELEKTRO DAN VOKASIONAL*. 2020; 06(02): 383–90.
- [15] Mallick TC, Bhuyan MAI, Munna MS. Design & Implementation of an UAV (Drone) with Flight Data Record. 2016 Int Conf Innov Sci Eng Technol ICISSET 2016. 2017, October).
- [16] Ashish A, Chougule SB. Wireless Flight Data Recorder (FDR) for airplanes. *Adv Mater Res*. 2012: 433–440 (January 2012): 6663–8.
- [17] Transportasi KNK. About KNKT [Internet]. 2020 [cited 2020 Aug 12]. p. 1. Available from: http://knkt.dephub.go.id/knkt/ntsc_home/ntsc.htm
- [18] Łebkowski A. Electric Vehicle Data Recorder. *Prz Elektrotechniczny*. 2017; 93(2): 284–8.
- [19] Chandankhede PH, Khanapurkar MM. Design of Event Data Recorder for Vehicle Monitoring and Crash Analysis System. *Int J Electron Eng [Internet]*. 2015; 7(1): 9–16. Available from: <http://csjournals.com/IJEE/PFD7-1/2. Pankaj.pdf>
- [20] Indartono K, Jahir A. Prototype Sistem Keamanan Mobil Dengan Menggunakan Quick Prototype of Car Scurity System Using Quick Response Code Based. *J Teknol Inf dan ilmu Komput*. 2019; 6(3): 235–44.
- [21] Setyawan ADN. Perancangan Immobilizer Berbasis RFID untuk Sepeda Motor. *Emit J Tek Elektro*. 2016; 16(02): 18–22.
- [22] Nurani A, Sirait F, Simanjuntak IUV. Sistem Pengaman Sepeda Motor dengan Pelacak dan Kontrol Jarak Jauh Berbasis Android. *J Teknol Elektro*. 2020; 10(3): 168-175.
- [23] Syaddad HN. Perancangan Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan Gps Tracker Berbasis Mikrokontroler Pada Kendaraan Bermotor. *Media J Inform*. 2020; 11(2): 26-35.
- [24] Goeritno A, Afandi MY. Modul Elektronika Berbasis Mikrokontroler sebagai Sistem Pengaman pada Mobil Terintegrasi dengan Engine Immobilizer. *J Rekayasa Elektr*. 2019; 15(2): 75-84.
- [25] Adebayo A.F, Iyabode A.M., Nureni Y.N., Kikelomo A. Electronic Theft Deterrent Biometric Module: An Automated Immobilizer and Access Control System for Millennium Vehicles. *Int J Electron Commun Eng*. 2015; 2(12): 1–6.
- [26] Rodríguez-Martín D, Pérez-López C, Samà A, Cabestany J, Català A. A wearable inertial measurement unit for long-term monitoring in the dependency care area. *Sensors (Switzerland)*. 2013; 13(10): 14079–104.
- [27] Zhao J. A Review of Wearable IMU (Inertial-Measurement-Unit)-based Pose Estimation and Drift Reduction Technologies. *J Phys Conf Ser*. 2018; 1087(4): 042003
- [28] Hidayatno A. Rancang Bangun Inertial Measurement Unit Sebagai Sistem Monitoring Kendaraan Bergerak Berbasis Sensor Accelerometer Dan Gyroscope. *J Rekayasa Elektr*.

- 2011; 9(4): 166–73.
- [29] Lin BS, Lee IJ, Yang SY, Lo YC, Lee J, Chen JL. Design of an inertial-sensor-based data glove for hand function evaluation. *Sensors (Switzerland)*. 2018; 18(5): 8–13.
- [30] Kurniawan AH, Rivai M. Sistem Stabilisasi Nampan Menggunakan IMU Sensor Dan Arduino Nano. *J Tek ITS*. 2018; 7(2): A270-A275
- [31] SARTIKA EM, GANY A, YUVENS V. Implementasi Sensor IMU untuk mengetahui Sudut Elevasi Kendaraan menggunakan Metode Least Square. *ELKOMIKA J Tek Energi Elektr Tek Telekomun Tek Elektron*. 2020; 8(2): 301-312.
- [32] Fitriani R. Prototipe Pendeteksi Bencana Longsor dan Kekeringan Pertanian Berbasis Wireless Sensor Network (WSN) Menggunakan Radio Frequency (RF) dengan Topologi Star. *J Alami J Teknol Reduksi Risiko Bencana*. 2019; 3(1): 71.
- [33] Wibisono Y.P.H. Rancang Bangun Sistem Komunikasi Data Game Controller Menggunakan Bluetooth Pada Robot Humanoid Soccer. In: *The 3rd Indonesian Symposium on Robot Soccer Competition 2015*: 5–6.
- [34] Novelan MS. Perancangan Alat Simulasi Sistem Kendali Lampu Rumah Menggunakan Aplikasi Android. *J Ilmu Komput dan Inform*. 2019; 3(2): 1–8.
- [35] Widiyanto A, Nuryanto N. Rancang Bangun Mobil Remote Control Android dengan Arduino. *Creat Inf Technol J*. 2016; 3(1): 50-61.
- [36] Zainuri A, Wibawa U, Maulana E. Implementasi Bluetooth HC – 05 untuk Memperbarui Informasi Pada Perangkat Running Text Berbasis Android. *Eeccis*. 2015; 9(2): 164–5.
- [37] Fauzy F, Mahyuddin M, Lahna K. Utilization of GSM Module (Sim 900) Based Arduino-Uno for Alarm System and Remote Automatic Door Locking. *JAceh PhysSoc*. 2017; 7(1): 35–8.
- [38] Rahajeng AS, Muhardi, Wahyuni R, Irawan Y. Pemanfaatan Modul GSM dan Modul GPS pada Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan Smartphone Berbasis Arduino Uno. *J Teknol DAN OPEN SOURCE*. 2020; 3(1): 90–100.
- [39] Elisawati E, Ridarmin R, Saputra A, Syahrizal S. Rumah Pintar Berbasis Pesan Singkat Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino. *JISKA (Jurnal Inform Sunan Kalijaga)*. 2019; 3(3): 156-168.
- [40] Affrilianto R, Triyanto D, Suhardi. Rancang Bangun Sistem Pelacak Kendaraan Bermotor Menggunakan Gps Dengan Antarmuka Website. *J Coding Sist Komput Untan*. 2017; 05(3): 1–11.
- [41] Nugroho TA, Hutagalung M, Susantio MA, Jeremias V, Yonata Y. Implementasi Sensor Fusion untuk Peningkatan Akurasi Sensor GPS. *Jupiter (Jurnal Pendidik Tek Elektro)*. 2018; 3(1): 26-36.
- [42] Seniman, Sofyan I, Efendi S. Pemantauan Jarak Tempuh Kendaraan Menggunakan Modul General Packet Radio Service (GPRS), Global Positioning System (GPS) dan Arduino. *J Teknol Inf dan Komun*. 2016; 5(1): 29–38.
- [43] Gunawan I, Akbar T, Anwar K. Prototipe Sistem Monitoring Tegangan Panel Surya (Solar Cell) Pada Lampu Penerang Jalan Berbasis Web Aplikasi. *Infotek J Inform dan Teknol*. 2019; 2(2): 70–8.
- [44] Putu P, Winata T, Wijaya IWA, Suartika IM. Rancang Bangun Sistem Monitoring Output dan Pencatatan Data pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino. *J Ilm Spektrum*. 2016; 3(1): 1–6.