



***Framework* Akuisisi dan Analisis Artefak Digital Untuk  
Mendukung Forensik Kendaraan: Studi Kasus Mobil Elektrik  
Hyundai Ioniq EV**

Zulhair Jidan Dj. Tamu  
22917037

*Tesis diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Magister Komputer  
Konsentrasi Forensik Digital  
Program Studi Informatika Program Magister  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
2024*

## Lembar Pengesahan Pembimbing

**Framework Akuisisi dan Analisis Artefak Digital Untuk Mendukung Forensik  
Kendaraan: Studi Kasus Mobil Elektrik Hyundai Ioniq EV**



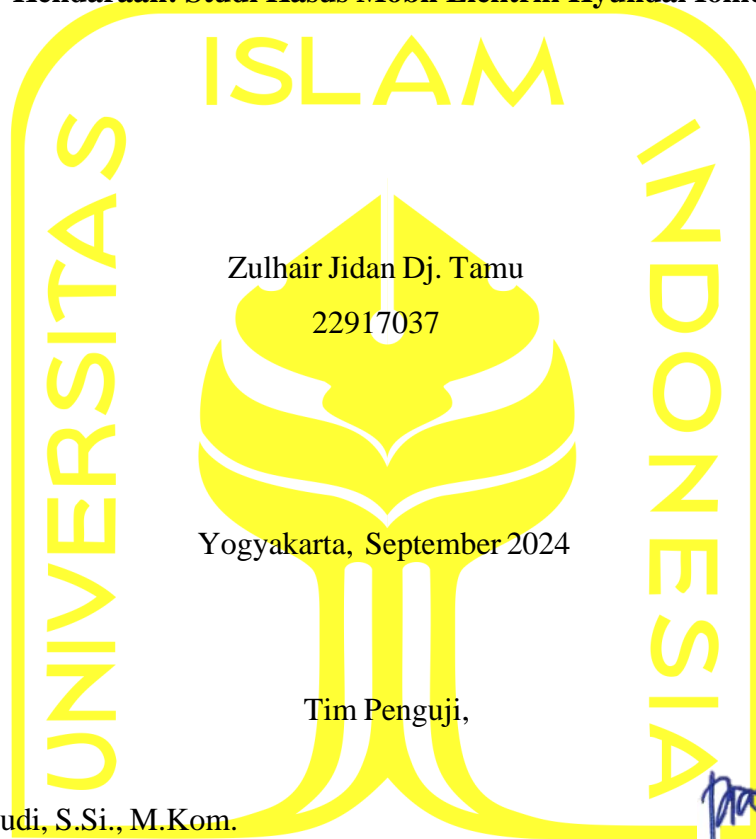
Dosen Pembimbing

Dr. Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom

**Lembar Pengesahan Penguji**

**Framework Akuisisi dan Analisis Artefak Digital Untuk Mendukung Forensik**

**Kendaraan: Studi Kasus Mobil Elektrik Hyundai Ioniq EV**



Dr. Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom.

Ketua

Dr. Ahmad Luthfi, S.Kom., M.Kom

Anggota I

Irving Vitra Papatungan, S.T., M.Sc., Ph.D

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika Program Magister

Universitas Islam Indonesia



Irving Vitra Papatungan, S.T., M.Sc., Ph.D

## Abstrak

### ***Framework* Akuisisi dan Analisis Artefak Digital Untuk Mendukung Forensik**

#### **Kendaraan: Studi Kasus Mobil Elektrik Hyundai Ioniq EV**

Perkembangan teknologi otomotif dalam dekade terakhir telah mengarah pada perubahan signifikan dalam desain dan operasional kendaraan, khususnya dengan munculnya mobil elektrik (EV). Salah satu kendaraan yang merepresentasikan kemajuan ini adalah Hyundai Ioniq EV, yang dilengkapi dengan berbagai sistem digital, baik yang mendukung kinerja kendaraan maupun fitur kenyamanan dan keselamatan penumpang. Berbagai sistem dalam mobil modern, termasuk kendaraan elektrik, menciptakan artefak digital yang berpotensi penting dalam konteks forensik, seperti rekaman aktivitas kendaraan, data GPS, komunikasi antar sistem elektronik, dan interaksi pengemudi dengan perangkat infotainment. Penelitian ini bertujuan mengembangkan *framework* akuisisi dan analisis artefak digital yang mampu mengakses dan mengelola data dari berbagai subsistem Hyundai Ioniq EV dengan tetap menjaga integritas data. Dengan menggunakan metode *logical acquisition* yang mengacu pada 3 referensi yang menghasilkan 4 *phase* yaitu *Preparation Investigation, Acquisition Digital Evidence, Analysis, Documentation and Report*. *Framework* ini menguraikan langkah-langkah yang harus diikuti dalam proses pengambilan bukti digital untuk menjaga integritas data. Hal ini penting untuk menjamin bahwa bukti yang diambil tidak rusak atau diubah, sehingga dapat digunakan dalam proses penyelidikan hukum. Terdapat 24 bukti digital yang berhasil didapatkan, analisis artefak digital pada mobil hyundai ioniq EV ditemukan 21 artefak digital yang bisa menjadi alat bukti, seperti mcu, obc, epb, eps, dan ecm, yang menyediakan data penting mengenai operasi dan status kendaraan. Hasil analisis artefak dikategorikan menjadi 8 kategori artefak digital yang terdiri dari identifikasi kendaraan (VIN), tipe kendaraan, model, tahun pembuatan, serta merek, yang semuanya tersedia dan terverifikasi dalam kondisi baik, akan tetapi mobil ini belum tersedia sistem navigasi. Sehingga analisis 5w+1h memberikan kerangka untuk menganalisis dan memanfaatkan data digital kendaraan Hyundai Ioniq EV dalam konteks forensik.

#### **Kata kunci**

Mobil Elektrik, Framework, Forensik Kendaraan, Teknologi Otomotif, Hyundai Ioniq EV

## **Abstract**

### ***Framework Acquisition and Digital Artifact Analysis to Support Vehicle Forensics: Case Study of Hyundai Ioniq EV Electric Car***

*The development of automotive technology in the last decade has led to significant changes in vehicle design and operation, especially with the emergence of electric vehicles (EVs). One vehicle that represents this progress is the Hyundai Ioniq EV, which is equipped with various digital systems, both those that support vehicle performance and passenger comfort and safety features. Various systems in modern cars, including electric vehicles, create digital artifacts that are potentially important in a forensic context, such as vehicle activity records, GPS data, communication between electronic systems, and driver interaction with infotainment devices. This study aims to develop a digital artifact acquisition and analysis framework that is able to access and manage data from various Hyundai Ioniq EV subsystems while maintaining data integrity. By using the logical acquisition method that refers to 3 references that produce 4 phases, namely Preparation Investigation, Acquisition Digital Evidence, Analysis, Documentation and Report. This framework outlines the steps that must be followed in the process of collecting digital evidence to maintain data integrity. This is important to ensure that the evidence taken is not damaged or changed, so that it can be used in the legal investigation process. There are 24 digital evidences that were successfully obtained, the analysis of digital artifacts on the Hyundai Ioniq EV car found 21 digital artifacts that could be evidence, such as mcu, obc, epb, eps, and ecm, which provide important data regarding vehicle operation and status. The results of the artifact analysis are categorized into 8 categories of digital artifacts consisting of vehicle identification (VIN), vehicle type, model, year of manufacture, and brand, all of which are available and verified in good condition, but this car does not yet have a navigation system. So the 5w + 1h analysis provides a framework for analyzing and utilizing digital data from Hyundai Ioniq EV vehicles in a forensic context.*

#### **Keywords**

*Electric Cars, Framework, Vehicle Forensics, Automotive Technology, Hyundai Ioniq EV*

### **Pernyataan Keaslian Tulisan**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini merupakan tulisan asli dari penulis, dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya atau tulisan dari penulis lain terkecuali referensi atas material tersebut telah disebutkan dalam tesis. Apabila ada kontribusi dari penulis lain dalam tesis ini, maka penulis lain tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam tesis ini.

Dengan ini saya juga menyatakan bahwa segala kontribusi dari pihak lain terhadap tesis ini, termasuk bantuan analisis statistik, desain survei, analisis data, prosedur teknis yang bersifat signifikan, dan segala bentuk aktivitas penelitian yang dipergunakan atau dilaporkan dalam tesis ini telah secara eksplisit disebutkan dalam tesis ini.

Segala bentuk hak cipta yang terdapat dalam material dokumen tesis ini berada dalam kepemilikan pemilik hak cipta masing-masing. Apabila dibutuhkan, penulis juga telah mendapatkan izin dari pemilik hak cipta untuk menggunakan ulang materialnya dalam tesis ini.

Yogyakarta, 7 September, 2024



Zulhair Jidan Dj. Tamu

## Daftar Publikasi

### Publikasi yang menjadi bagian dari tesis

Jurnal Indonesia Sosial Teknologi Volume 6 Nomor 1 yang terakreditasi SINTA 4, Edisi Januari 2025 dengan Judul “*Hyundai Ioniq Ev Car Acquisition Analysis To Support Vehicle Forensics Activities*”.

Kontributor	Jenis Kontribusi
Zulhair Jidan Dj. Tamu	Mendesain eksperimen (60%) Menulis <i>paper</i> (80%)
Dr. Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom.	Mendesain eksperimen (40%) Menulis dan mengedit <i>paper</i> (20%)

## **Halaman Kontribusi**

Dalam tesis ini, terdapat beberapa kontribusi dari pihak lain, diantaranya:

1. Penelitian ini dapat berjalan dan diselesaikan berkat kontribusi dari berbagai pihak antara lain Dr. Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom., Irving Vitra Paputungan, S.T., M.Sc., Ph.D dan Dr. Ahmad Luthfi, S.Kom., M.Kom. Beliau-beliau telah banyak memberikan saran dan masukan mulai dari pra penelitian, seminar proposal, hingga sidang kemajuan.
2. Bupati Gorontalo dan Asisten Pribadi Bupati Gorontalo yang telah memberikan izin dan dukungan sebagai objek observasi seperti Mobil Electric Series Hyundai Ioniq Ev pada proses pengumpulan data dalam penelitian tesis ini. Kontribusi ini sangat penting untuk memungkinkan penulis mendapatkan data dan informasi yang relevan.

## **Halaman Persembahan**

Bismillahirrahmanirrahim.

Alhamdulillah, Wassalatu Wassalamu 'Ala Rasulillah, atas izin dan ridho Allah Subhannahu Wa Ta'ala, penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Hal ini tidak lepas dari dukungan serta do'a dari kedua orang tua. Maka tesis ini penulis persembahkan kepada Ibu Ramziyah Oliy dan Bapak Judin Tamu, selaku kedua orang tua penulis yang tidak pernah berhenti mempercayai dan mendukung penuh penulis dalam menghadapi berbagai rintangan dan hambatan dalam mewujudkan mimpi ini. Terima kasih banyak.

## **Kata Pengantar**

*Assalamu'alaikum Warohmatullahi. Wabarokatu.*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada penulis, sehingga dengan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tesis ini dengan baik. Laporan berjudul “*Framework dan Analisis Artefak Digital Untuk Forensik Kendaraan: Studi Kasus Mobil Elektrik Hyundai Ioniq EV*” ini disusun guna melengkapi kelulusan untuk mendapatkan gelar Magister Komputer di bidang Forensika Digital.

Dalam prosesnya penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom., selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak memberikan masukan dan arahan terhadap jalannya penelitian yang penulis lakukan.
2. Bapak Dr. Ahmad Luthfi, S.Kom., M.Kom., yang menjadi dosen penguji ketika penulis melakukan sidang proposal dan penguji kemajuan tesis.
3. Bapak Irving Vitra Papatungan, S.T., M.Sc., Ph.D sebagai dosen penguji ketika penulis melakukan sidang pendadaran.
4. Kedua orang tua penulis, Ibu Ramziyah Oliy dan Bapak Judin Tamu, yang telah memberikan dukungan penuh serta doa yang tak pernah putus.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tesis ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik, saran, dan masukan yang membangun sangat diharapkan oleh penulis.

*Wassalamu'alaikum Warohmatullahi. Wabarokatu.*

Yogyakarta, September 2024

Penulis

## Daftar Isi

Lembar Pengesahan Pembimbing.....	i
Lembar Pengesahan Penguji.....	ii
Abstrak .....	iii
<i>Abstract</i> .....	iv
Pernyataan Keaslian Tulisan .....	v
Daftar Publikasi .....	vi
Halaman Kontribusi.....	vii
Halaman Persembahan.....	viii
Kata Pengantar .....	ix
Daftar Isi .....	x
Daftar Tabel .....	vi
Daftar Gambar .....	vii
Glosarium .....	8
BAB 1 PENDAHULUAN.....	9
1.1 Latar Belakang.....	9
1.2 Rumusan Masalah .....	12
1.3 Batasan Masalah.....	12
1.4 Tujuan Penelitian.....	12
1.5 Manfaat Penelitian .....	13
1.6 Metode Penelitian.....	13
1.7 Sistematika Penelitian .....	14
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	16
2.1 Mobil Elektrik .....	16
2.2 Digital Forensik.....	18
2.3 Forensik Kendaraan.....	19
2.3.1 <i>BlackBox</i> .....	22

2.3.2 The Information System .....	22
2.3.3 <i>Electronic Control Unit (ECU)</i> .....	23
2.3.4 <i>eCall Units</i> .....	23
2.4 OBD Port.....	23
2.5 <i>Acquisition Data</i> .....	25
2.6 <i>Framework</i> .....	25
2.7 Penelitian Terdahulu.....	25
BAB 3 Metodologi .....	32
3.1 Studi Literatur .....	32
3.2 Analisis Sistem Hyundai Ioniq EV .....	32
3.3 Perancangan <i>Framework</i> Akuisisi dan Analisis.....	33
3.4 Implementasi dan Pengujian <i>Framework</i> .....	33
3.5 Validasi <i>Framework</i> .....	35
3.6 Analisis Hasil dan Penyempurnaan <i>Framework</i> .....	35
3.7 Laporan.....	35
3.8 Metode Pengumpulan Data .....	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	36
4.1 Perancangan <i>Framework</i> .....	36
4.2 Artefak Digital dari Hyundai Ioniq EV .....	42
4.3 Validasi Data .....	43
4.4 Analisis Artefak Digital.....	45
4.5 Keberhasilan <i>Framework</i> Dalam Akuisisi Data.....	50
4.7 Kelemahan Yang Terindikasi.....	53
BAB 5 KESIMPULAN .....	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57

## Daftar Tabel

Tabel 2.1 Rangkuman Review Penelitian .....	29
Table 3.1 Referensi <i>Framework</i> .....	32
Table 3.2 Hyundai Ioniq EV .....	26
Table 3.3 Jadwal Rencana Pelaksanaan .....	34
Table 4.1 <i>Hashing</i> .....	37
Table 4.2 <i>Chain of Custody</i> .....	39
Table 4.3 Artefak Digital.....	41

## Daftar Gambar

Gambar 1.1 Alur Metode Penelitian .....	13
Gambar 2.1 Hyundai Ioniq <i>Electric</i> .....	17
Gambar 2.2 Struktur kendaraan PHEV dalam sistem hybrid seri .....	17
Gambar 2.3 <i>Forensics Science</i> .....	19
Gambar 2.4 Detail Komponen Kendaraan Modern.....	21
Gambar 2.5 Tampilan dekat dasbord mobil .....	23
Gambar 2.6 <i>Protocols and the J1962 connector</i> .....	24
Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian .....	30
Gambar 3.2 Langkah Akuisisi Forensik Kendaraan .....	31
Gambar 3.3 Perancangan <i>Framework</i> .....	36
Gambar 4.1 Perancangan <i>Framework</i> .....	39
Gambar 4.2 Rancangan <i>Framework</i> Forensik Kendaraan .....	40
Gambar 4.3 <i>Fault Code Searching</i> .....	42
Gambar 4.4 Analisis Baterai .....	45
Gambar 4.5 <i>Data Analys</i> .....	45

## Glosarium

EV	- <i>Electric Vehicle</i>
OBD	- <i>On-Board Diagnostic</i>
ECU	- <i>Electronic Control Unit</i>
eCALL	- <i>Electronic Call</i>
ELM	- <i>Electronic Load Management</i>
DTC	- <i>Diagnostic Trouble Code</i>
VIN	- <i>Vehicle Identification Number</i>
GPS	- <i>Global Positioning System</i>
MOT	- <i>Ministry of Transport</i>
ANPR	- <i>Automatic Number Plate Recognition</i>
GDS	- <i>Global Diagnostic Software</i>
ESPAHB	- <i>Electronic Stability Program All-Wheel Drive Electric Traction Control System</i>
BMS	- <i>Battery Management System</i>
IBU-TPMS	- <i>Integrated Body Unit - Tire Pressure Monitoring System</i>
CCM	- <i>Climate Control Module</i>
PGS	- <i>Parking Guidance System</i>
MCU	- <i>Main Control Unit</i>
OBC	- <i>On-Board Charger</i>
VCLUDC	- <i>Vehicle Control Unit for Low Voltage DC-DC Converter</i>
EPB	- <i>Electronic Parking Brake</i>
EPS	- <i>Electric Power Steering</i>
BSD-L	- <i>Blind Spot Detection - Left</i>
BSD-R	- <i>Blind Spot Detection - Right</i>
ADM	- <i>Airbag Deployment Module</i>
DDM	- <i>Driver Door Module</i>
IBU-BCM	- <i>Integrated Body Control Module</i>
PSM	- <i>Power Seat Module</i>
EShifter	- <i>Electronic Shifter</i>

# BAB 1

## Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi otomotif dalam dekade terakhir telah mengarah pada perubahan signifikan dalam desain dan operasional kendaraan, khususnya dengan munculnya mobil elektrik (EV). Salah satu kendaraan yang merepresentasikan kemajuan ini adalah Hyundai Ioniq EV, yang dilengkapi dengan berbagai sistem digital, baik yang mendukung kinerja kendaraan maupun fitur kenyamanan dan keselamatan penumpang. Mobil ini tidak hanya berfungsi sebagai alat transportasi, tetapi juga sebagai perangkat komputasi canggih yang dapat mengumpulkan, menyimpan, dan mentransmisikan data. Berbagai sistem dalam mobil modern, termasuk kendaraan elektrik, menciptakan artefak digital yang berpotensi penting dalam konteks forensik, seperti rekaman aktivitas kendaraan, data GPS, komunikasi antar sistem elektronik, dan interaksi pengemudi dengan perangkat infotainment. Dibanding mesin berbahan bakar minyak, motor listrik menghasilkan torsi yang besar ketika dijalankan dari saat mobil berhenti, sehingga percepatan dan daya mobil listrik melampaui mobil mesin pembakaran dalam. (Hendra et al., 2021). Mobil listrik bisa berfungsi sebagai *electronic evidence*, *primary key* (menyimpan data), dan *potential evidence*. *Electronic evidence*, dalam konteks forensik kendaraan, merujuk pada data digital yang dapat diekstrak dari berbagai sistem elektronik di dalam kendaraan. *Primary key* dalam konteks ini merujuk pada penyimpanan dalam mobil listrik. Seluruh kumpulan *electronic evidence* yang ditemukan dalam mobil listrik memiliki potensi untuk menjadi *potencial evidence* dalam penyelidikan. Ini termasuk data dari sistem navigasi, rekaman kecepatan, sensor keamanan, atau log aktivitas kendaraan.

Seiring dengan peningkatan penggunaan kendaraan yang didukung oleh teknologi digital, kasus-kasus forensik yang melibatkan mobil elektrik juga semakin kompleks. Sebagai contoh, investigasi terhadap kecelakaan lalu lintas, insiden pencurian, hingga serangan siber terhadap sistem kendaraan elektrik menjadi lebih umum terjadi. Dalam konteks ini, kemampuan untuk mengakuisisi dan menganalisis artefak digital dari kendaraan menjadi aspek penting dalam investigasi. Namun, mobil elektrik seperti Hyundai Ioniq EV menghadirkan tantangan tersendiri, karena arsitektur sistem yang tertutup, enkripsi data, serta keterbatasan akses ke subsistem penting yang menyimpan data relevan untuk investigasi forensik.

*Vehicle forensics* diperlukan dalam berbagai situasi yang melibatkan kendaraan, terutama ketika data digital atau elektronik menjadi elemen penting dalam investigasi. Salah satu contoh adalah dalam kasus kecelakaan lalu lintas, di mana forensik kendaraan dapat mengungkap informasi dari modul kendaraan seperti *Event Data Recorder* (EDR) atau *Electronic Control Unit* (ECU) untuk mengetahui informasi kecepatan, penggunaan rem, dan perilaku pengemudi sebelum kecelakaan. Selain itu, *vehicle forensics* juga memainkan peran kunci dalam investigasi pencurian kendaraan dengan menganalisis data GPS atau telematika untuk melacak keberadaan kendaraan yang hilang. Data dari satu mobil cukup untuk satu kasus, namun analisis sering memerlukan perbandingan atau pembuktian dengan kendaraan lain tergantung pada konteks investigasi. Data ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi kecurangan, memeriksa identitas kendaraan, mendeteksi manipulasi *speedometer*, dan menyelidiki kegiatan kendaraan dan penumpangnya. (Kopencova & Rak, 2020). Masalah utama dalam investigasi forensik kendaraan modern, khususnya kendaraan elektrik, terletak pada kompleksitas sistem digitalnya. Tidak seperti mobil konvensional, kendaraan elektrik memiliki jaringan sistem kontrol yang lebih luas, seperti sistem manajemen baterai (BMS), sistem kendali motor, *infotainment*, serta komunikasi antar modul melalui jaringan CAN bus (*Controller Area Network*). Setiap sistem ini menyimpan artefak digital yang dapat memberikan informasi penting dalam penyelidikan, seperti kecepatan kendaraan saat terjadi kecelakaan, lokasi, riwayat pengisian daya, serta interaksi pengguna dengan perangkat dalam mobil. Namun, pengambilan data dari subsistem tersebut sering kali rumit karena beberapa data dienkripsi atau hanya dapat diakses oleh pabrikan kendaraan. Kemudian tidak adanya standar universal untuk akuisisi data forensik dari kendaraan elektrik. Banyak pabrikan yang menggunakan protokol komunikasi dan penyimpanan data yang berbeda. Data yang tidak diakuisisi dengan benar dapat dengan mudah dimanipulasi yang berpotensi mengurangi validitas hasil penyelidikan. Kurangnya standar yang jelas, keterbatasan perangkat keras dan perangkat lunak, serta keterbatasan waktu yang memerlukan akuisisi data secepat mungkin setelah kejadian untuk mencegah kehilangan atau penghapusan data (Kopencova & Rak, 2020)

Saat ini, metode yang ada untuk melakukan akuisisi data dari kendaraan berfokus pada EDR (*Event Data Recorder*) atau *black box*, yang umum pada kendaraan konvensional. EDR ini sering kali merekam data terbatas terkait kecelakaan, seperti kecepatan, sudut kemudi, dan waktu pengereman. Perangkat forensik khusus juga telah dikembangkan untuk membaca data dari sistem *infotainment* dan jaringan CAN bus, namun solusi ini sering kali tidak dapat diandalkan untuk kendaraan elektrik dengan arsitektur yang lebih kompleks, seperti Hyundai

Ioniq EV. Selain itu, perangkat lunak seperti *CANalyzer* atau *PCAN Explorer* mampu memantau dan merekam data CAN bus, tetapi membutuhkan pengetahuan teknis yang mendalam dan akses spesifik ke jaringan internal kendaraan. Sebagian besar solusi yang ada masih fokus pada mobil berbahan bakar konvensional, dan hanya mengakomodasi sebagian kecil artefak yang relevan dalam konteks kendaraan elektrik. Meskipun teknologi CAN bus telah cukup umum digunakan dalam forensik kendaraan, metode ini hanya mengungkap sebagian data terkait peristiwa, tanpa memberikan gambaran lengkap tentang operasi kendaraan elektrik. Kendaraan elektrik memiliki beberapa komponen terkomputerisasi yang dapat digunakan sebagai bukti, termasuk sistem hiburan, *airbag*, *E-call*, dan bantuan pabrik (Stathers et al., 2022.)

Berdasarkan kajian literatur dan solusi yang ada saat ini, jelas terdapat gap penelitian dalam pengembangan *framework* yang spesifik untuk akuisisi dan analisis data forensik pada mobil elektrik. Beberapa celah penelitian yang dapat diidentifikasi adalah kurangnya *framework* khusus untuk mobil elektrik, sebagian besar metode forensik saat ini tidak dirancang untuk menangani artefak digital dari sistem mobil elektrik yang kompleks. Kemudian integrasi berbagai subsystem, belum ada pendekatan yang terintegrasi untuk mengakuisisi data dari berbagai subsystem, seperti baterai, *infotainment*, telematika, dan sistem kendali motor. Tiap subsystem beroperasi secara terpisah dengan protokol komunikasi yang berbeda-beda, sehingga sulit untuk menghubungkan data dari satu subsystem ke subsystem lain dalam konteks forensik. Validasi Legal, Kurangnya *framework* yang dapat menjamin validitas dan integritas artefak digital selama proses akuisisi, yang penting dalam konteks penyelidikan hukum. Penelitian yang tersedia masih terbatas pada metode pengambilan data dari mobil konvensional atau semi-elektrik. Mobil listrik memiliki arsitektur dan komponen yang berbeda dibandingkan dengan kendaraan konvensional, seperti adanya sistem penggerak listrik, baterai, dan manajemen daya yang kompleks (Gomez Buquerin et al., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi gap tersebut dengan mengembangkan *framework* akuisisi dan analisis artefak digital yang secara khusus dirancang untuk mendukung forensik kendaraan elektrik, dengan fokus pada studi kasus Hyundai Ioniq EV. *Framework* ini menawarkan beberapa inovasi, antara lain Metode Akuisisi Komprehensif, *framework* ini mengintegrasikan metode untuk mengakuisisi data dari seluruh subsystem kendaraan, termasuk sistem baterai, *infotainment*, dan telematika, dengan menggunakan alat forensik dan protokol yang kompatibel dengan arsitektur kendaraan elektrik. *Framework* ini juga mempertimbangkan aspek perlindungan data untuk menjaga integritas artefak yang diakuisisi.

Kemudian berikutnya analisis artefak multi-sub-sistem, setelah akuisisi, *framework* ini akan menggabungkan data dari berbagai subsistem untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang operasi kendaraan sebelum, selama, dan setelah insiden. Ini mencakup analisis data CAN bus, riwayat penggunaan sistem *infotainment*, dan pola pengisian daya baterai. Setelah itu validasi dan keamanan, *framework* ini akan memastikan bahwa setiap proses akuisisi dilakukan dengan menjaga validitas dan integritas data, sehingga hasilnya dapat digunakan dalam proses hukum. *Framework* juga mengadopsi protokol keamanan untuk mencegah manipulasi data selama proses akuisisi.

Melalui pengembangan *framework* ini, diharapkan akan tersedia metode yang terstandarisasi dan teruji secara legal untuk akuisisi dan analisis data forensik kendaraan elektrik, yang memungkinkan investigator untuk lebih efektif dalam menangani kasus-kasus yang melibatkan mobil elektrik seperti Hyundai Ioniq EV.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah berikut akan dijawab oleh penelitian ini:

1. Bagaimana mengembangkan *framework* yang dapat mengakuisisi dan menganalisis artefak digital dari berbagai subsistem pada kendaraan elektrik Hyundai Ioniq EV secara komprehensif?
2. Apa saja artefak digital yang relevan untuk diambil dari subsistem pada mobil elektrik dalam konteks forensik kendaraan?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada mobil listrik Hyundai Ioniq EV.
2. Mobil yang diakuisisi menggunakan *port* OBD dalam pengambilan data.
3. Akuisisi berfokus pada *logical acquisition*
4. Pengujian *framework* dilakukan dalam lingkungan simulasi dan kendaraan yang terkendali. Tidak mencakup pengujian di lapangan yang melibatkan kasus nyata atau pengujian dengan berbagai skenario kecelakaan atau tindak kejahatan.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan *framework* akuisisi dan analisis artefak digital yang mampu mengakses dan mengelola data dari berbagai subsistem Hyundai Ioniq EV dengan tetap menjaga integritas data

2. Mengidentifikasi dan mengkategorikan artefak digital yang paling relevan dari berbagai subsistem dalam konteks investigasi forensik kendaraan elektrik.
3. Merancang dan mengimplementasikan Metode analisis untuk menggabungkan data dari subsistem yang berbeda guna menghasilkan informasi komprehensif yang dapat digunakan dalam investigasi forensik.
4. Memastikan bahwa *framework* yang dikembangkan mampu mendukung standar forensik digital yang sah secara hukum, termasuk aspek keamanan dan keandalan data yang diakuisisi

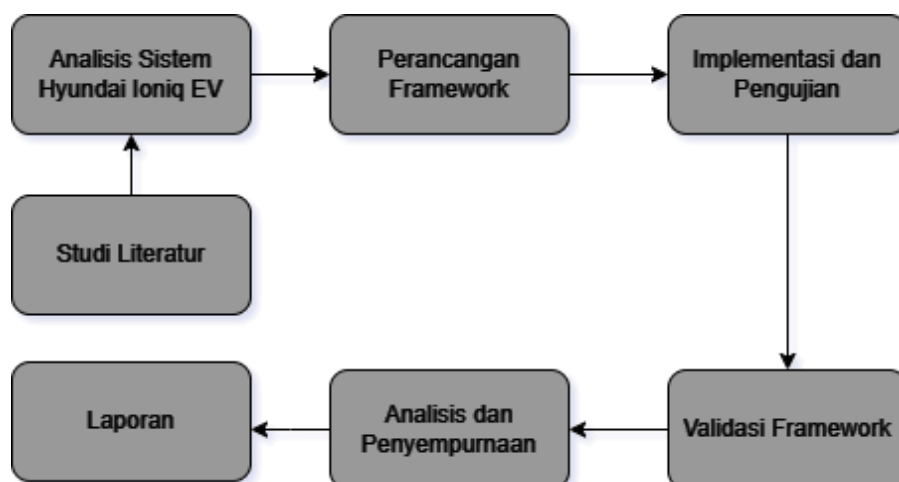
### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam kehidupan manusia dan dapat diterapkan di dunia nyata, khususnya membantu pembuktian barang bukti digital di persidangan. Adapun manfaat penelitian ini antara lain:

1. Dengan memahami data kendaraan, penelitian ini dapat membantu dalam mengidentifikasi pola dan tren yang dapat digunakan untuk pencegahan kecelakaan lalu lintas dan tindak kejahatan kendaraan
2. Data digital dari kendaraan dapat digunakan sebagai bukti dalam pengadilan untuk mendukung tuntutan hukum atau mempertahankan hak individu. Penelitian vehicle forensik dapat memperkuat kasus hukum.
3. Penelitian kendaraan forensik membantu dalam menciptakan program pelatihan dan pendidikan yang mempersiapkan profesional forensik digital untuk menghadapi tantangan yang berkaitan dengan data kendaraan.

### 1.6 Metode Penelitian

Langkah-langkah yang ditempuh untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1.1 Alur Metode Penelitian

## 1. Studi Literatur

Penelitian ini dilandaskan pada studi kepustakaan dengan mengumpulkan teori atau referensi yang relevan untuk menunjang tujuan penelitian ini melalui buku-buku, jurnal ilmiah, artikel, paper, makalah, dan akses beberapa situs website yang membahas tentang masalah yang akan menjadi titik fokus pada penelitian yang akan dilakukan.

## 2. Analisis Sistem Hyundai Ioniq EV

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap struktur dan komponen subsistem dari Hyundai Ioniq EV yang menghasilkan atau menyimpan artefak digital.

## 3. Perancangan *Framework* Akuisisi dan Analisis

Pada tahap ini merancang struktur *framework* yang mendukung pengumpulan data dari subsistem yang berbeda dengan menjaga integritas data dan menganalisis artefak digital dari subsistem Hyundai Ioniq EV.

## 4. Implementasi dan Pengujian *Framework*

Dalam penelitian ini menerapkan *framework* yang telah dirancang dan melakukan pengujian pada kendaraan Hyundai Ioniq EV.

## 5. Validasi *Framework*

Tahapan ini memastikan *framework* yang dikembangkan memenuhi kriteria forensik yang dapat diterima secara hukum dan ilmiah.

## 6. Analisis Hasil dan Penyempurnaan *Framework*

Pada tahap ini menganalisis hasil pengujian dan menyempurnakan *framework* berdasarkan umpan balik dan temuan.

## 7. Laporan

Tahapan ini mendokumentasikan serta menyusun laporan akhir seluruh proses penelitian, desain *framework*, hasil pengujian, serta kesimpulan yang diperoleh.

### **1.7 Sistematika Penelitian**

Untuk memberikan gambaran dan mempermudah dalam penyusunan penelitian ini, maka dibuat sistematika penulisan sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Pendahuluan merupakan pengantar terhadap permasalahan yang akan dibahas, di dalamnya menguraikan tentang gambaran suatu penelitian yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menjelaskan tentang teori-teori dari berbagai bahan referensi yang terkait guna memecahkan masalah dalam penelitian ini.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini membahas tentang langkah-langkah atau prosedur penelitian, sehingga mampu menyelesaikan masalah secara sistematis.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini membahas tentang hasil dan pembahasan, terkait dengan pembahasan penyelesaian masalah yang diangkat, penentuan hasil analisis, dan evaluasi dari penelitian yang diangkat.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan bab terakhir yang memuat kesimpulan akhir dari semua proses penelitian sampai kepada hasil implementasi metode dan saran yang perlu diperhatikan dan juga rekomendasi yang dibuat untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **Tinjauan Pustaka**

#### **2.1 Mobil Elektrik**

Mobil listrik adalah mobil yang digerakan oleh satu atau lebih motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai yang dapat diisi ulang atau perangkat penyimpanan energi lainnya. Motor listrik memberi mobil listrik torsi yang instan, serta menciptakan akselerasi yang kuat dan halus. Mobil listrik praktis pertama diproduksi pada tahun 1880-an. Mobil listrik memiliki beberapa kelebihan yang potensial jika dibandingkan dengan mobil konvensional lainnya, yang paling utama adalah mobil listrik tidak menghasilkan emisi seperti kendaraan bermotor bakar. Selain itu, mobil listrik juga mengurangi emisi gas rumah kaca karena tidak membutuhkan bahan bakar fosil sebagai penggerak utamanya (Dzaky Adira, 2018)

Menurut LECC, (2020), saat ini sebuah mobil listrik akan memuat sekian banyak benda kecil yang memiliki fungsi untuk melakukan kontrol tertentu yang dikenal dengan *Engine Control Unit* (ECU). Alat ini akan melakukan kontrol terhadap berbagai fungsi otomatis yang disediakan oleh mobil, seperti halnya: kontrol terhadap mesin dan *power steering*, kecepatan, tangki bahan bakar, jendela, suhu, pendingin, air bag, ventilasi, tempat duduk dll. Selain data yang digunakan untuk kontrol kendaraan, terdapat pula sejumlah data lainnya yang bersumber dari sistem infotainment dan telematika kendaraan, yang memiliki kemampuan untuk mengirim, menerima, dan menyimpan data seperti navigasi GPS, navigasi kendaraan, lokasi, dan SMS. Sistem infotainment kendaraan berkaitan dengan penyampaian informasi dan hiburan melalui *dashboard touchscreen*, *steering wheel control*, *voice control*, *Bluetooth*, Wi-Fi, perangkat USB, kartu SD, atau sarana lain yang digunakan oleh pengemudi atau penumpang dalam sebuah kendaraan.

Keberadaan sistem *computer* dan perangkat lunak pada sebuah kendaraan menjadi tren pengembangan kendaraan modern kedepannya (Gomez Buquerin et al., 2021). Dalam hal ini Tesla menjadi salah satu pelopor dari pengembangan mobil yang dapat berjalan sendiri melalui konsep *Full Self Driving Computer* (FSDC). Mobil listrik dilengkapi dengan perangkat elektronik dalam jumlah besar. Perangkat ini menghasilkan, mengirimkan, memproses dan menyimpan data digital. Transformasi manusia dari data digital menghasilkan informasi digital yang dapat digunakan untuk banyak tujuan.

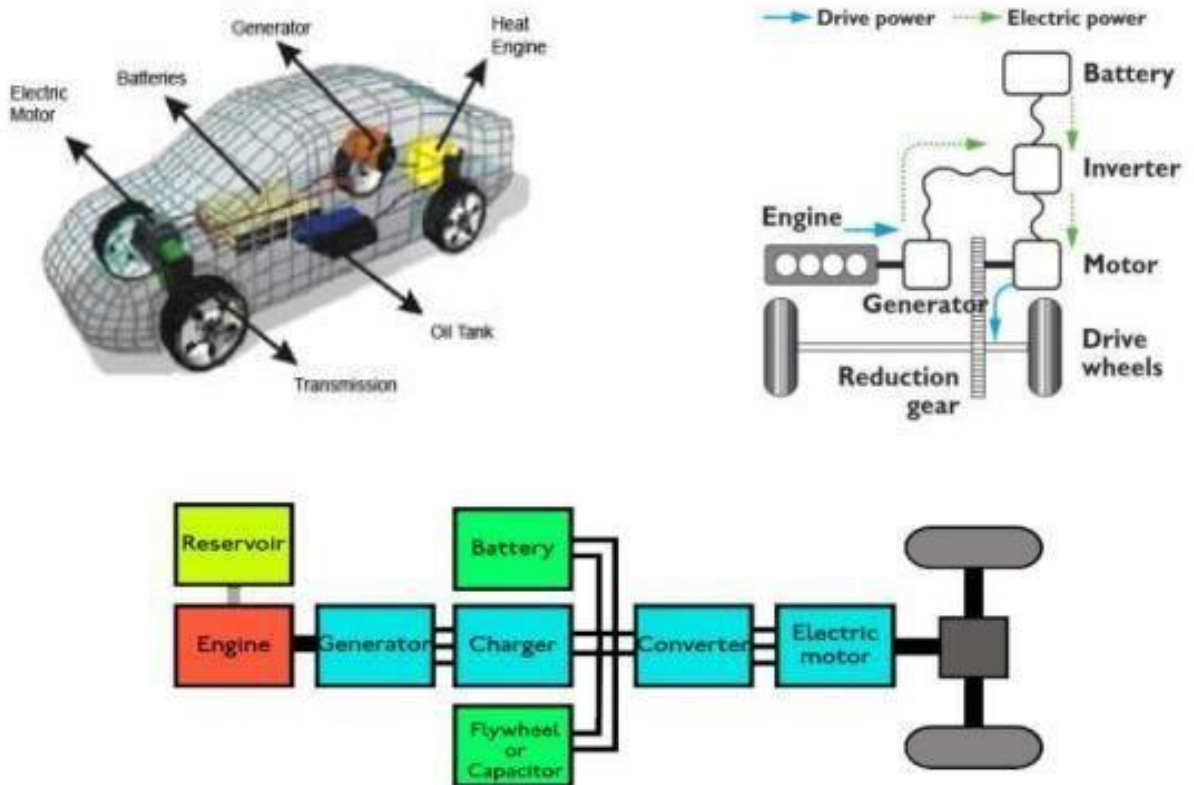


**Gambar 2. 1** Hyundai Ioniq *Electric*

Sumber : Hyundai Motor Company, 2020

<https://www.tribunnews.com/otomotif/2020/01/27/hyundai-ioniq-electric-mobil-listrik-masa-depan-yang-menjadi-nyata>

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, Mobil listrik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan kendaraan bermotor berbahan bakar fosil (*fossil fueled-based vehicle*), dan salah satunya (yang utama) ialah tidak dihasilkannya gas buang sehingga tidak memberikan sumbangsih/kontribusi bagi pemanasan global (carbon footprint) di Indonesia.



**Gambar 2. 2** Struktur kendaraan PHEV dalam sistem hybrid seri

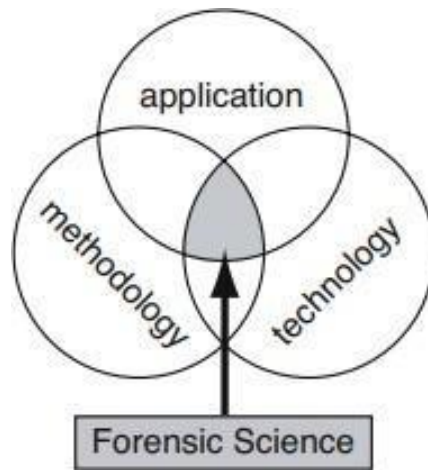
Sumber : (Trihandini, 2021)

Dalam sistem *s* seri, mesin pembakaran tidak langsung memutar roda melainkan motor listrik satu-satunya sarana untuk memberikan daya ke roda. Ketika listrik diperlukan dalam jumlah besar, maka motor akan menarik listrik dari baterai dan generator. Konfigurasi *hybrid* seri sudah lama ada, contohnya: lokomotif diesel-listrik, mesin pengolah tanah hidrolik, kelompok tenaga diesel-listrik. Gambar 2.2 menampilkan struktur kendaraan PHEV dalam sistem *hybrid* seri.

## 2.2 Digital Forensik

Forensik digital merupakan bagian dari ilmu forensik yang melingkup penemuan dan investigasi materi (data) yang ditemukan pada perangkat digital. Sebagai ilmu yang masih baru, masih dibutuhkan pemahaman dan kemampuan untuk menguasai disiplin ilmu tersebut. Penguasaan ilmu ini tidak hanya ditujukan pada kemampuan teknis semata tetapi juga terkait bidang lain seperti hukum (Raharjo, 2013). Forensik adalah suatu proses ilmiah atau suatu usaha ilmiah yang didasari ilmu pengetahuan dalam mengumpulkan, menganalisa dan menghadirkan bukti dalam suatu persidangan di pengadilan untuk membantu pengungkapan suatu kejahatan melalui pengungkapan bukti-bukti yang sah menurut undang-undang dan peraturan yang berlaku. Digital forensik merupakan aplikasi bidang ilmu pengetahuan dan teknologi komputer untuk kepentingan pembuktian hukum (*pro justice*), yang dalam hal ini adalah untuk membuktikan kejahatan berteknologi tinggi atau *computer crime* secara ilmiah (*scientific*) sehingga bisa mendapatkan bukti-bukti digital yang dapat digunakan untuk menjerat pelaku kejahatan tersebut.

Forensik secara umum adalah suatu proses ilmiah untuk mengumpulkan, menganalisis dan menyajikan bukti pada pengadilan. Pada umumnya, sebuah tahap forensik dilakukan dengan asumsi bahwa data-data yang telah dikumpulkan akan digunakan sebagai bukti di pengadilan. Oleh karena itu, setelah pengumpulan barang bukti, para praktisi forensik menjaga dan mengontrol bukti tersebut untuk mencegah terjadinya modifikasi (Firdaus, 2016). Menurut (Franke & Srihari, 2008) menunjukkan bahwa metode forensik dari pendekatan untuk melakukan tugas seperti: (1) Menyelidiki TKP, (2) Mengumpulkan jenis data-data dan menganalisis jenis bukti yang telah ditemukan, (3) Mengidentifikasi, mengelompokkan, mengukur, memisahkan antara pelaku, objek dan proses penanganan, (4) Membangun hubungan, mengasosiasi, dan merekonstruksi ulang kejadian, (5) Menggunakan barang bukti di pengadilan.



**Gambar 2.3** *Forensics Science*

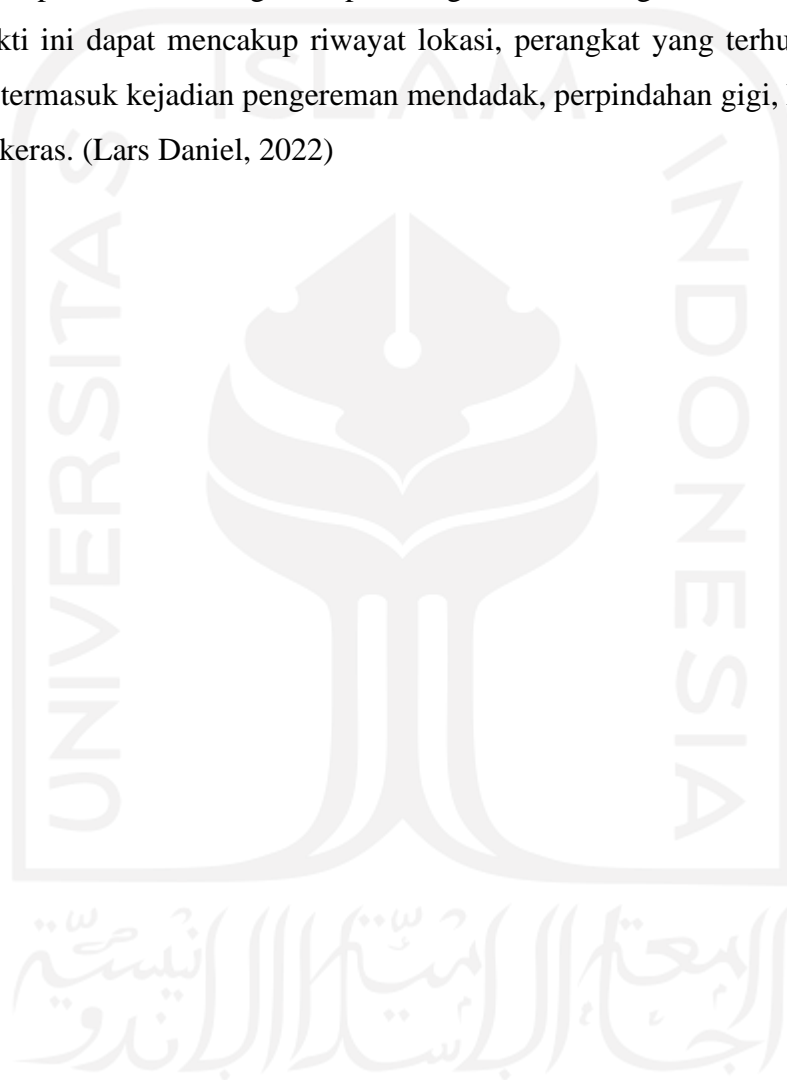
Forensik science merupakan turunan dari *forensics digital* yang merupakan salah satu ilmu forensik seperti istilah pada bidang kedokteran. *Forensics science* ini mempunyai beberapa cabang turunan ilmu forensik yang dikembangkan menjadi digital forensik, *computer forensik* dan *network forensik*. Menurut T.Charles dan M. Pollock (2015) menyebutkan bahwa digital forensic merupakan metode ilmiah untuk melestarikan, mengoleksi, validasi, identifikasi, analisis, interpretasi, dokumentasi, dan presentasi digital untuk tujuan memfasilitasi atau merekonstruksi peristiwa ditemukan tindak kriminal, atau membantu untuk mengantisipasi tindakan yang tidak sah atau terbukti mengganggu proses perencanaan operasi. Sementara itu Aleksandar V, Heis S, Mellisa I (2014) mendefinisikan *digital forensic* sebagai penggunaan ilmiah yang diturunkan dengan bukti metode identifikasi, pengumpulan, transportasi, penyimpanan, analisis, diartikan, dipresentasikan dan didistribusikan kembali dari bukti digital yang berasal dari sumbernya. Dengan mendapatkan otorisasi untuk semua kegiatan yang berinteraksi langsung dengan penyelidikan, melestarikan barang bukti, melacak barang bukti atau melakukan rekonstruksi peristiwa ditemukannya insiden (Server & Aktivitas, 2013).

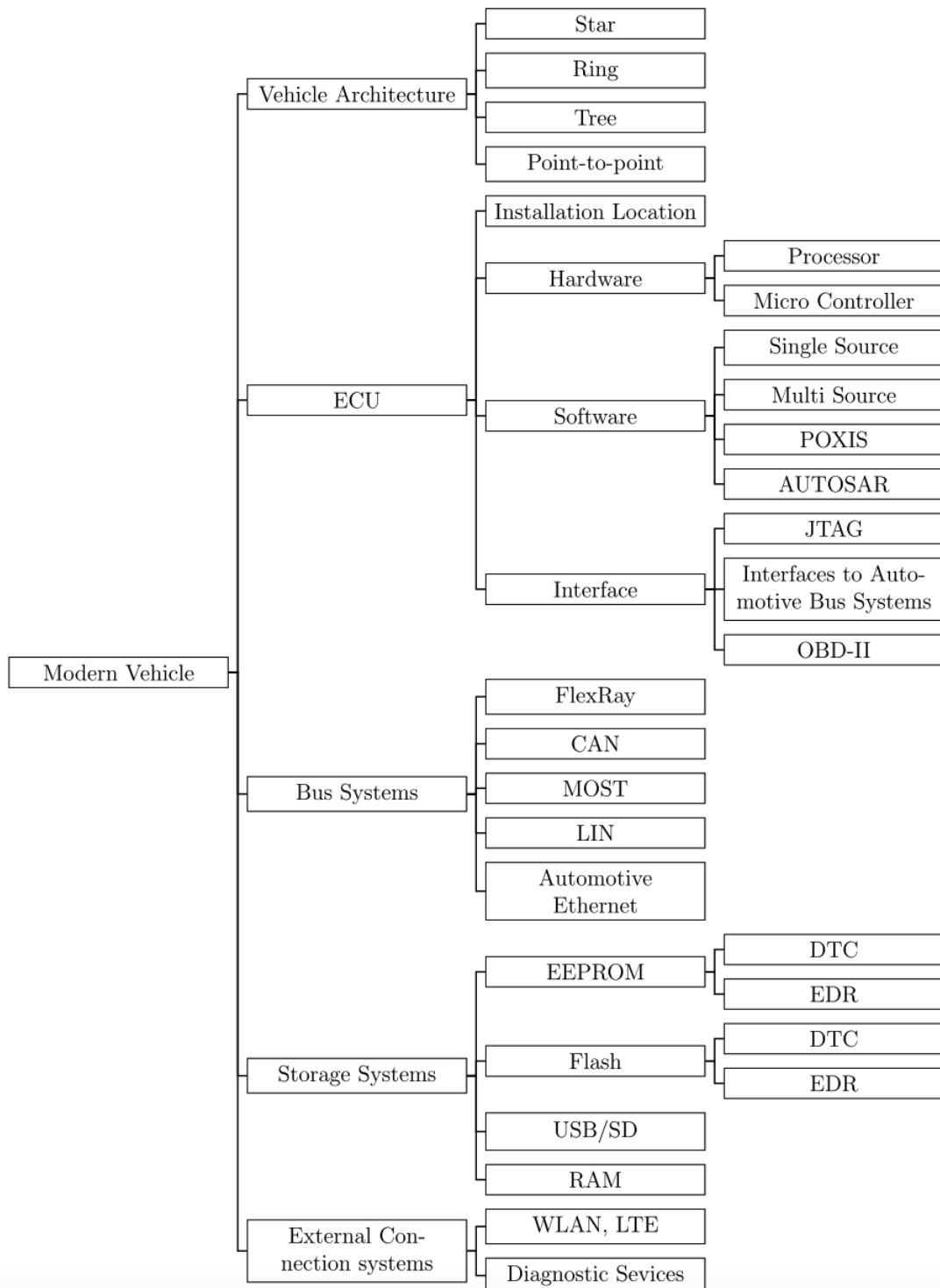
### **2.3 Forensik Kendaraan**

Forensik Kendaraan adalah jenis ilmu forensik digital yang berfokus pada identifikasi, perolehan, dan analisis data yang disimpan oleh mobil, van, dan truk. Awalnya, forensik kendaraan terutama terkait dengan identifikasi eksternal mobil curian atau pelanggaran pajak dan MOT dengan menggunakan system ANPR (pengenalan pelat nomor otomatis) di Inggris. Sistem ini ditemukan pada tahun 1970an namun baru digunakan secara luas oleh polisi pada akhir tahun 1990-an . ANPR bekerja dengan memindai pelat nomor dan membandingkannya dengan database kendaraan yang diminati. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, proses penuntutan pelanggar menjadi lebih canggih dan kini juga mencakup ekstraksi data dari dalam kendaraan. Mulai dari mekanisme yang digunakan untuk

meningkatkan pengalaman berkendara hingga sistem hiburan internal, semuanya dapat membantu dalam mendeteksi kejahatan dan dapat diterima sebagai bukti di pengadilan. (Rachel Medhurst, 2023).

Dengan teknologi baru yang dikembangkan untuk *system infotainment* kendaraan yaitu *vehicle forensics*, pakar forensic digital dapat mengakses bukti digital dari banyak kendaraan masa kini. Bukti ini dapat mencakup riwayat lokasi, perangkat yang terhubung, dan data sistem operasi termasuk kejadian pengereman mendadak, perpindahan gigi, kecepatan roda, dan akselerasi keras. (Lars Daniel, 2022)





**Gambar 2. 4** Detail Komponen Kendaraan Modern

Sumber : (Gomez Buquerin et al., 2021)

Sebuah kendaraan modern, menurut Gomez Buquerin, (2021) akan memiliki infrastruktur yang sangat kompleks. Dalam hal ini Gomez Buquerin, (2021) mencoba untuk memetakan arsitektur system dalam sebuah kendaraan modern sebagaimana pada Gambar 2.3. Studi khusus mengenai *vehicle forensics* terkait dengan jumlah kejadian belum banyak dilakukan di indonesia, karena forensik kendaraan masih merupakan bidang yang berkembang, terutama

di Indonesia. Namun, secara global penggunaan forensik kendaraan meningkat seiring dengan semakin canggihnya teknologi mobil pintar, kendaraan listrik, dan sistem telematika. Penggunaan *vehicle forensics* menggunakan data dari *Event Data Recorder* (EDR) dan ECU meningkat sebesar 50-70% di negara maju untuk investigasi kecelakaan sejak 2015 hingga 2023.

Statistik mengenai kecelakaan lalu lintas menurut NHTSA, (2022) menunjukkan bahwa penggunaan forensik kendaraan semakin penting untuk analisis dan investigasi. Sebagai contoh, pada tahun 2021, kematian akibat kecelakaan kendaraan mencapai 42,915, mencerminkan peningkatan sebesar 10,5% dibandingkan tahun sebelumnya. Ini adalah angka tertinggi dalam 16 tahun dan menunjukkan tren mengkhawatirkan dalam keselamatan jalan raya. Di antara faktor penyebabnya, sekitar 45% dari kecelakaan fatal melibatkan pengemudi yang terlibat dalam perilaku berisiko, seperti melaju kencang, mengemudi di bawah pengaruh alkohol, atau tidak mengenakan sabuk pengaman (NHTSA, 2022). Dengan meningkatnya angka kecelakaan dan kompleksitas kendaraan modern, analisis data dari sistem kendaraan seperti *Electronic Control Units* (ECUs) menjadi semakin penting dalam menyelidiki insiden tersebut. Data dari forensik kendaraan membantu memberikan gambaran yang lebih jelas tentang penyebab kecelakaan dan dapat digunakan sebagai bukti di pengadilan.

### **2.3.1 BlackBox**

*Blackbox* atau kotak hitam merupakan perangkat yang digunakan di dalam kendaraan untuk memantau keterampilan mengemudi seseorang. Jika data dari kotak hitam menunjukkan bahwa pengemudi berkinerja baik di belakang kemudi, hal ini dapat digunakan untuk menurunkan premi mereka. Selain mencatat koordinat GPS, kotak hitam juga dapat menunjukkan seberapa jauh kendaraan telah menempuh perjalanan, seberapa sering kendaraan tersebut dikendarai, serta kemampuan pengereman dan menikung, misalnya (Kopencova & Rak, 2020)

### **2.3.2 The Information System**

Mendengarkan musik sambil mengemudi biasanya hanya melibatkan kaset atau pemutar CD. Namun perlahan-lahan sistem ini digantikan oleh perangkat *Bluetooth*, wifi, dan USB, yang dapat dioperasikan dengan menggunakan layar sentuh atau tampilan yang dipasang di dasbord. Selain memberikan informasi dan hiburan, sering kali menjadi cara pengemudi berinteraksi dengan fungsi lain kendaraan, seperti menampilkan berapa banyak bahan bakar yang telah digunakan dan mengontrol seberapa hangat kursi. Ketika ponsel cerdas dicolokkan ke mobil atau dipasangkan melalui *Bluetooth*, sistem infotainment dapat menyimpan data seperti riwayat navigasi, pesan teks dan email, riwayat penelusuran internet dan feed media

sosial, serta koneksi Bluetooth dan menara seluler. (Kopencova & Rak, 2020). Seperti pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.5** Tampilan dekat dasbord mobil

Sumber : <https://www.forensicmag.com/594249-Vehicle-Forensics-From-Car-to-Court/>

### **2.3.3 Electronic Control Unit (ECU)**

Unit kontrol elektronik atau ECU membantu cara kerja kendaraan dan sering kali digambarkan sebagai otak mesin. Mereka terletak di dalam interior mobil, biasanya di kompartemen sarung tangan, ruang mesin, atau di bawah dasbor. Pada dasarnya, ECU adalah komputer, sistem switching dan sistem manajemen daya yang ditempatkan dalam wadah yang sangat kecil. Biasanya ada lebih dari 75 ECU di dalam kendaraan dan masing-masing bertanggung jawab atas tugas tertentu. Misalnya, ECU mesin mengontrol injeksi bahan bakar dan, pada mesin bensin, menentukan waktu percikan api untuk menyalakannya. Mengikat sabuk pengaman, tekanan udara, dan menyalakan dan mematikan lampu juga merupakan fungsi ECU. (Kopencova & Rak, 2020)

### **2.3.4 eCall Units**

Ecall Units, diperkenalkan ke kendaraan baru di seluruh UE dan Inggris pada tahun 2018. Ini adalah sistem darurat yang bertujuan untuk memberikan bantuan cepat jika dan ketika ada insiden lalu lintas jalan raya. Sensor kendaraan dapat mengidentifikasi tabrakan dan mendeteksi apakah kantung udara telah mengembang. Hal ini pada gilirannya mengaktifkan panggilan ke layanan darurat. Data yang dikumpulkan oleh *eCall* meliputi koordinat GPS kendaraan, arah perjalanan, VIN (Nomor Identifikasi Kendaraan) , jenis bahan bakar yang digunakan bahkan apakah sabuk pengaman sudah dipasang atau tidak. (Kopencova & Rak, 2020)

### **2.4 OBD Port**

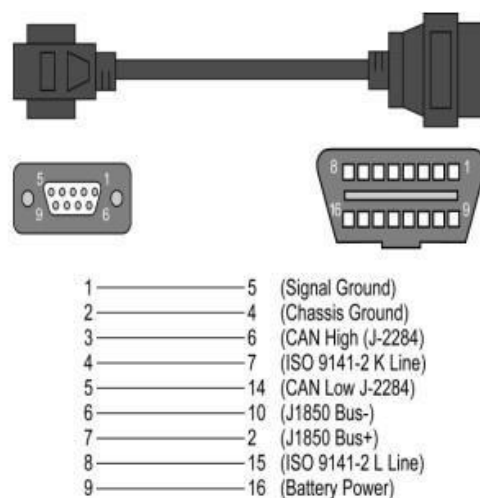
*Port* OBD, juga dikenal sebagai *port* Diagnostik *On-Board*, adalah antarmuka standar yang terdapat pada kendaraan yang memungkinkan komunikasi antara unit kontrol elektronik (ECU) kendaraan dan perangkat eksternal, seperti alat diagnostik atau pemindai OBD. *Port* OBD biasanya terletak di kompartemen penumpang, biasanya di bawah dashboard atau dekat kolom kemudi. Ini terdiri dari konektor J1962 16-pin (2x8), seperti yang ditentukan oleh

standar SAE J1962. *Port* OBD menyediakan akses ke berbagai data kendaraan, termasuk kode masalah diagnostik (DTC), pembacaan sensor waktu nyata, dan informasi kendaraan. (Niazi et al., 2013)

Fitur utama perangkat OBD generik yang dibahas dalam makalah ini adalah sebagai berikut:

1. Status sistem kendaraan waktu nyata: Perangkat menampilkan data waktu nyata dari berbagai parameter kendaraan seperti kecepatan kendaraan, RPM mesin, posisi throttle, voltase baterai, dan suhu cairan pendingin mesin.
2. Kode Masalah Diagnostik (DTC): Perangkat dapat mengambil dan menampilkan DTC untuk kendaraan yang berbeda. DTC adalah kode yang menunjukkan malfungsi atau masalah tertentu pada subsistem kendaraan.
3. Perangkat lunak yang dikembangkan secara lokal: Makalah ini menyebutkan bahwa perangkat lunak yang digunakan sebagai antarmuka antara pengguna dan Unit Kontrol Elektronik (ECU) kendaraan telah dikembangkan sendiri.
4. Mudah digunakan dan bebas baterai: Perangkat generik dirancang agar mudah digunakan dan tidak memerlukan baterai sendiri. Ini mengambil daya dari baterai kendaraan dan dapat dengan mudah dihubungkan ke PC menggunakan *port* USB.

Perangkat ini bertujuan untuk memberikan pengguna cara yang nyaman dan mudah diakses untuk memahami status kendaraan mereka, memeriksa malfungsi, dan mengambil informasi diagnostic.



**Gambar 2. 6** Protocols and the J1962 connector

Sumber : (Niazi et al., 2013)

Spesifikasi OBD II menyediakan standar antarmuka perangkat keras, konektor, J1962 16-pin (2x8). Konektor OBD-II terletak disisi depan pengemudi (Niazi et al., 2013).

## 2.5 Acquisition Data

Menurut Gomez Buquerin et al., (2021) secara garis besar terdapat lima (5) kelas data yang terkumpul dari berbagai komponen yang ada pada sebuah kendaraan. Kelima kelas data tersebut adalah: firmware, communication data, user data, safety-related data and security-related data. Diantara kelima kelas data tersebut, data *firmware* sebagai data yang sudah terpasang pada sistem computer akan berisi gabungan dari sistem operasi yang ada yaitu: Sistem Operasi Waktu Nyata (RTOS), POSIX (Linux, Android, QNX, VxWorks), kerangka kerja (AUTOSAR, Adaptive AUTOSAR), driver perangkat, aplikasi, dan data lainnya (misalnya, data aplikasi, gambar-gambar).

## 2.6 Framework

Kajian dari sejumlah literatur menunjukkan saat ini terdapat berbagai ragam dari *frameworks*, methodology atau tahapan yang harus diikuti dalam menjalankan aktivitas forensik digital. Berbagai macam *frameworks* digital forensics tersebut sebenarnya tidak memiliki perbedaan yang prinsip karena pada umumnya setiap *framework* yang dikemukakan oleh para peneliti hanya menunjukkan perbedaan dari penamaan dan detail aktivitas forensik digital (Ademu et al., 2011; Grobler et al., 2010; Shah & Malik, 2014). Dalam hal ini istilah yang sering dipakai adalah terminologi *framework*, dimana menurut (Petar & Maravi, 2011) *framework* dalam terminologi forensik digital adalah “*a structure to support a successful forensic investigation*”.

Forensik Digital setidaknya akan selalu melibatkan 3 (tiga) komponen yaitu: (1) *human* yang melakukan aktivitas, (2) bukti elektronik dan bukti digital yang menjadi objek utama serta (3) *process* yang menjadi acuan aktivitas tahapan yang harus diikuti. Terminologi *frameworks*, methodology atau tahapan digital forensics cenderung hanya membahas aspek yang ketiga saja. (Prayudi et al., 2020).

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Perkembangan penelitian membuat banyak para peneliti melakukan beragam penelitian, penelitian terkait *vehicle forensics* atau mobil listrik tentunya bukan menjadi sebuah hal yang baru. Penelitian-penelitian tersebut, tentu menjadi sebuah sumber referensi untuk mendapatkan informasi yang dapat dijadikan sebagai acuan penelitian selanjutnya.

(Dološ et al., 2020) telah mengembangkan metode dengan tujuan untuk identifikasi pengemudi dalam konteks forensik digital menggunakan data digital di dalam kendaraan. Penelitian ini menggunakan sebuah skenario kecelakaan hit and run sebagai contoh kasus, di mana hanya tiga individu yang memiliki akses ke mobil yang terlibat dalam kecelakaan tersebut. Data digital di dalam kendaraan, seperti kecepatan kendaraan, posisi pedal gas, dan

posisi kemudi, digunakan untuk mengidentifikasi pengemudi yang sebenarnya dari ketiga tersangka. Mereka mengembangkan alur kerja dan metode validasi model yang sesuai dengan kebutuhan forensik, serta memberikan rekomendasi untuk pelaporan hasil model dan evaluasi kuantitatif.

Penelitian dari (Saufi et al., 2019) telah membuat sebuah aplikasi seluler bernama FoRent yang bertujuan untuk membantu meningkatkan layanan rental mobil dan mengurangi kasus penipuan kerusakan rental mobil di Malaysia. Aplikasi ini memungkinkan penyewa mobil dan pemilik mobil untuk merekam kondisi fisik mobil dan mengambil data forensik mobil menggunakan perangkat ELM327 sebelum menandatangani perjanjian sewa. Aplikasi ini juga menyediakan beberapa fitur seperti memesan mobil, melihat status kondisi internal mobil yang dapat dilacak dengan menghubungkan aplikasi seluler ke ELM 327. Selain itu, penelitian ini juga memperkenalkan protokol keamanan untuk memberikan integritas dan ketersediaan data di *FoRent*.

Penelitian yang dilakukan oleh Awais Khan et al., (2012) telah mengembangkan sebuah perangkat OBD generik yang dapat digunakan untuk melakukan pemecahan masalah pada kendaraan yang sesuai dengan standar OBD-II. Perangkat ini menampilkan status sistem kendaraan secara real-time, seperti kecepatan kendaraan, RPM mesin, posisi throttle, tegangan baterai, dan suhu pendingin mesin. Perangkat ini juga dapat mengambil dan menampilkan kode masalah diagnostik (DTC) untuk berbagai jenis kendaraan. Mereka juga mengembangkan antarmuka perangkat lunak yang digunakan sebagai antarmuka antara pengguna dan *Electronic Control Unit* (ECU) kendaraan. Perangkat ini tidak memerlukan baterai sendiri dan dapat dengan mudah terhubung ke PC menggunakan *port* USB. Hasil penelitian ini meliputi pengembangan perangkat OBD generik yang dapat secara efektif memecahkan masalah kendaraan yang memenuhi standar. Perangkat ini mampu menampilkan status sistem kendaraan secara *real-time*, seperti kecepatan kendaraan, RPM mesin, posisi *throttle*, voltase baterai, dan suhu cairan pendingin mesin. Itu juga dapat mengambil dan menampilkan kode masalah diagnostik (DTC) untuk kendaraan yang berbeda. Antarmuka perangkat lunak yang dikembangkan untuk perangkat ini memungkinkan pengguna dengan mudah memahami status kendaraan dan memeriksa malfungsi yang ditunjukkan oleh DTC. Perangkat ini bebas baterai dan mengambil daya dari baterai kendaraan, serta dapat dengan mudah dihubungkan ke PC menggunakan *port* USB. Perangkat tersebut diuji pada *Land Rover Defender* dan terbukti kompatibel dengan kendaraan lain seperti Toyota Corolla, Honda City, dan Honda Civic.

Sementara itu Dagmar & Roman (2021) membahas masalah dan tantangan dalam forensik digital kendaraan, identifikasi sumber informasi digital dalam kendaraan, pentingnya

standarisasi dalam forensik digital kendaraan, pengembangan teknologi forensik yang terjangkau dan bersertifikat, dan pentingnya pelatihan dan spesialisasi dalam forensik digital kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk menjelajahi masalah dan tantangan dalam forensik kendaraan digital, serta mengidentifikasi sumber-sumber informasi digital yang dapat digunakan dalam investigasi. Serta untuk menyoroti pentingnya standarisasi dalam format data dan alat analisis, serta mendorong pengembangan teknologi forensik yang terjangkau dan bersertifikat

Isu mengenai kendaraan forensic diteliti Gomez Buquerin et al., (2021) yaitu tentang pentingnya forensik digital pada kendaraan modern dan bagaimana hal tersebut dapat diterapkan pada investigasi kecelakaan dan analisis klaim garansi. Menyajikan proses umum untuk forensik otomotif dan mengimplementasikannya pada kendaraan terbaru. Metode yang digunakan adalah studi kasus dengan mengimplementasikan proses umum untuk forensik otomotif pada kendaraan terbaru. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan melakukan analisis data dari sumber-sumber yang tersedia, seperti VIN (*Vehicle Identification Number*), data ECU (*Electronic Control Unit*), dan data dari antarmuka diagnostik OBD (*On-Board Diagnostics*). Hasil penelitian ini adalah penyajian proses umum untuk forensik otomotif dan implementasinya pada kendaraan terbaru. Selain itu, penelitian ini juga menyajikan pemetaan pemangku kepentingan dan skenario untuk forensik otomotif, serta kelas data yang tersedia untuk investigasi forensik otomotif dan signifikansinya. Juga mengidentifikasi celah yang dapat diidentifikasi pada kendaraan terbaru dan menyajikan proses umum untuk melakukan investigasi forensik digital pada sistem otomotif terbaru tanpa perlu perangkat tambahan pada mobil dan sistem terhubung kendaraan.

Sementara itu Corey Stathers et al., (2022) telah melakukan pengambilan bukti digital dari kendaraan modern dan bagaimana hal itu dapat dilakukan dengan metode yang efektif biaya. Kendaraan modern memiliki beberapa komponen terkomputerisasi yang dapat digunakan sebagai bukti, seperti sistem hiburan, airbag, *E-call*, dan bantuan pabrik, antara lain. Perangkat lunak OBD (*On-board Diagnostics*) membantu penyelidik untuk membaca status mesin kendaraan dan mengekstrak data digital dari kendaraan. Tujuan dari penelitian ini untuk membaca data dari kendaraan, seperti kecepatan, putaran mesin, suhu mesin, dan informasi lainnya yang terkait dengan kinerja kendaraan dengan menggunakan *port* OBD.

Isu mengenai kendaraan dengan bukti digital dikaji oleh Jacobs et al., (2012) dengan melakukan forensik sistem kendaraan dan menawarkan studi kasus mengenai akuisisi forensik dan analisis data sistem hiburan pada mobil *Volkswagen*. Dengan meningkatnya digitalisasi kendaraan modern, penelitian ini menyoroti kebutuhan akan pendekatan forensik yang komprehensif terhadap data kendaraan, serta tantangan yang terkait dengan hal tersebut.

Metode akuisisi yang digunakan ialah dengan melakukan *chip-of* atau *physical* pada *dashboard* mobil. Hasil penelitian ini mencakup temuan terkait dengan jenis artefak forensik yang dapat ditemukan dari sistem hiburan kendaraan, serta tantangan forensik sistem kendaraan yang dihadapi.

Berdasarkan penelitian yang telah ada sebelumnya, perbedaan antara penelitian yang akan dilakukan adalah kebaharuan. Penelitian ini mengembangkan *framework* akuisisi dan analisis artefak digital secara komprehensif yang terintegrasi dengan metode *logical acquisition*, khususnya untuk kendaraan listrik seperti Hyundai Ioniq EV. *Framework* yang diusulkan dalam penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya dengan fokus pada penggabungan data dari berbagai subsistem, seperti baterai, ECU, dan telematika, dengan tetap menjaga integritas data. Penelitian ini mengedepankan integrasi data dari beberapa subsistem dan memastikan bahwa artefak digital tersebut dapat divalidasi dan diterima secara hukum dalam proses forensik. Sehingga meningkatkan validitas bukti digital dengan menerapkan teknik validasi dan prosedur rantai kepemilikan (*chain of custody*) yang jelas. Selain itu penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan metode analisis untuk menggabungkan data dari subsistem berbeda guna menghasilkan informasi kompherensif yang dapat di gunakan dalam investigasi forensik.

**Tabel 2.1** Rangkuman Review Penelitian

Literatur	Issue	Metode Akuisisi		Framework	Kesimpulan
		Pyschal	Logical		
Klara Dolos et al., (2020)	Proses skenario kecelakaan tabrak lari hipotesis untuk menunjukkan relevansi identifikasi pengemudi.	✓	-	RMP, <i>Forensic Scenario</i>	Pengembangan metode identifikasi pengemudi dalam konteks forensik digital menggunakan data digital di dalam kendaraan.
Nurul Nadia Che Saufi et al., (2021)	Perlunya membuat sebuah aplikasi seluler bernama FoRent yang bertujuan untuk membantu meningkatkan layanan rental mobil dan mengurangi kasus penipuan kerusakan rental mobil di Malaysia.	-	✓	<i>Agile Development</i>	Membuat sebuah aplikasi seluler bernama FoRent

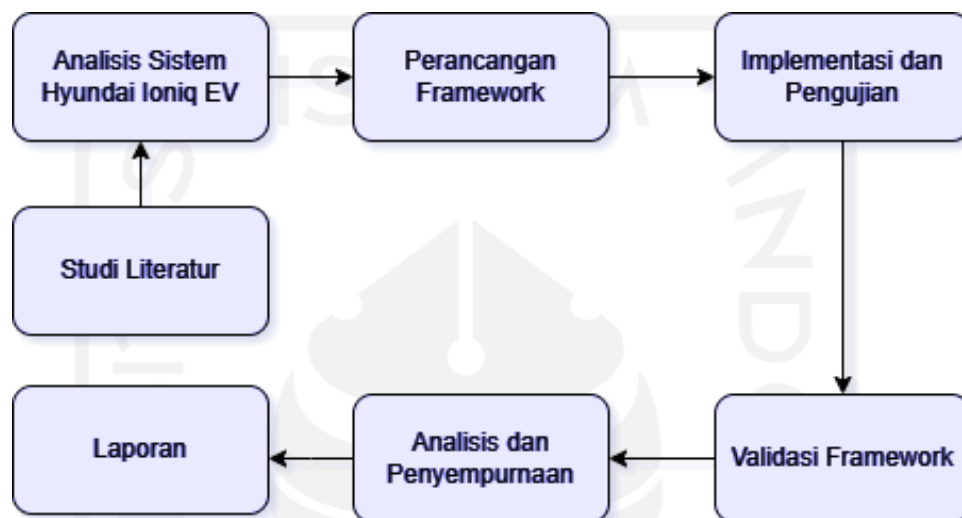
Literatur	Issue	Metode Akuisisi		Framework	Kesimpulan
		Pyschal	Logical		
M Awais Khan Niazi et al., (2019)	Perangkat <i>On-Board Diagnostic</i> (OBD) generik untuk melakukan <i>troubleshooting</i> pada kendaraan yang sesuai dengan standar OBD. Perangkat ini menampilkan status sistem kendaraan secara real-time dan diagnostic trouble codes (DTCs) untuk berbagai jenis kendaraan, memungkinkan pengguna untuk memahami status kendaraan dan memeriksa adanya kerusakan.	-	✓	-	Mengembangkan sebuah perangkat OBD generik yang dapat digunakan untuk melakukan troubleshooting pada kendaraan yang sesuai dengan standar OBD-II.
Dagmar & Roman, (2016)	Masalah dan tantangan dalam forensik digital kendaraan, perlunya identifikasi sumber informasi digital dalam kendaraan, dan standarisasi dalam forensik digital kendaraan.	✓	✓	-	Mengembangkan teknologi forensik yang terjangkau dan bersertifikat, serta pentingnya pelatihan dan spesialisasi dalam forensik digital.

Literatur	Issue	Metode Akuisisi		Framework	Kesimpulan
		Pyschal	Logical		
Gomez Buquerin et al., (2021)	Pentingnya forensik digital pada kendaraan modern dan bagaimana hal tersebut dapat diterapkan pada investigasi kecelakaan	-	✓	<i>Automotive Forensik Proses</i>	Penyajian implementasi kendaraan forensik, untuk melakukan investigasi forensik digital pada sistem otomotif terbaru.
Corey Stathers et al., (2022)	Penggunaan teknik forensik mobile dan perangkat lunak OBD untuk mengekstraksi bukti digital dari kendaraan.	-	✓	-	Penggunaan teknik forensik seluler dan perangkat lunak <i>On-board Diagnostics</i> (OBD) untuk membaca status mesin kendaraan dan menunjukkan jenis data yang tersimpan dalam kendaraan.
Jacobs et al., (2012)	Tantangan forensik system kendaraan dan menawarkan studi kasus mengenai akuisisi forensik dan analisis data system hiburan pada mobil Volkswagen.	✓	-	<i>NIST Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity</i>	Penelitian ini mencakup temuan terkait dengan jenis artefak forensik yang dapat ditemukan dari sistem hiburan kendaraan volkswaggen, serta tantangan forensik sistem kendaraan yang dihadapi.

## BAB 3

### Metodologi

Penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa tahapan yang mencakup pendekatan eksploratif, eksperimental, dan validasi untuk memastikan *framework* yang dikembangkan dapat mendukung solusi yang ditawarkan serta mencapai tujuan penelitian. Dalam penelitian ini, data akan dikumpulkan dari analisis subsistem kendaraan (seperti ECUs dan telematika). Kemudian uji coba langsung pada Hyundai Ioniq EV untuk mengambil artefak digital dari sistem kendaraan. Berikutnya observasi eksperimen untuk pengujian *framework* dalam berbagai skenario. Setelah itu wawancara dengan ahli forensik dan pakar hukum untuk memastikan validitas legal dari *framework* yang dikembangkan. Adapun tahapan metodologi penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Alur Metodologi Penelitian

#### 3.1 Studi Literatur

Tahap ini dilakukan kajian literatur terkait forensik kendaraan dan mobil elektrik untuk memahami teknologi dan subsistem yang ada pada Hyundai Ioniq EV, seperti ECU, infotainment, dan Telematika. Selanjutnya mengidentifikasi standar dan praktik terbaik dalam akuisisi dan analisis artefak digital di kendaraan modern. Setelah itu mengkaji berbagai protokol komunikasi dan metode forensik yang digunakan dalam kendaraan konvensional dan elektrik. Kemudian merumuskan kebutuhan spesifik untuk *framework* yang akan dikembangkan, termasuk keterkaitan artefak digital dengan investigasi forensik

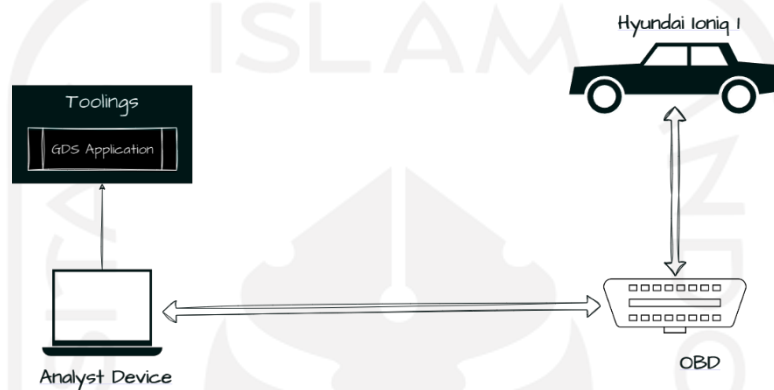
#### 3.2 Analisis Sistem Hyundai Ioniq EV

Merupakan tahapan dengan melakukan analisis subsistem pada Hyundai Ioniq EV, termasuk sistem baterai, sistem infotainment dan telematika. Mengidentifikasi titik-titik akuisisi dari

subsistem tersebut dan data apa saja yang dapat diambil. Mengklasifikasikan jenis artefak digital yang potensial untuk diakuisisi, seperti data lokasi, riwayat penggunaan, status baterai, dan komunikasi antar-modul. Dengan tujuan memahami secara mendalam struktur dan komponen subsistem dari Hyundai Ioniq EV yang menghasilkan atau menyimpan artefak digital.

### 3.3 Perancangan *Framework* Akuisisi dan Analisis

Pada tahapan ini merancang struktur *framework* yang mendukung pengumpulan data dari subsistem yang berbeda dengan menjaga integritas data.



**Gambar 3.2** Langkah Akuisisi Forensik Kendaraan

Menentukan metode dan alat akuisisi yang tepat, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, untuk mengakses data dari subsistem tanpa merusak integritas sistem kendaraan. Mengembangkan prosedur untuk penggabungan data dari berbagai subsistem untuk membentuk gambaran lengkap aktivitas kendaraan. Membuat modul analisis artefak untuk menafsirkan data digital dalam konteks investigasi forensik.

### 3.4 Implementasi dan Pengujian *Framework*

Pada tahap ini dilakukan proses implementasi prototype atau mengembangkan prototype dari *framework* akuisisi dan analisis berdasarkan arsitektur yang telah dirancang. Melakukan uji coba akuisisi data dari subsistem Hyundai Ioniq EV dalam lingkungan simulasi maupun kendaraan sebenarnya.

**Tabel 3.1** Hyundai Ioniq EV

	
Merk Kendaraan	Hyundai Ioniq EV 1 (2021)
Jarak Tempuh	373 km (berdasarkan NEDC) dan 311 km (berdasarkan WLTP)
Ukuran dan Panjang Mobil	Panjang 4.470 mm x lebar 1.820 mm x tinggi 1.475 mm. <i>wheelbase</i> 2.700 mm dan jarak antar tanah 150 mm.
Baterai	100 kW (136 PS) yang dipasok oleh baterai lithium ion 38,3 kWh

**Tabel 3.2** Alat dan Bahan Analys Device

Analys Device	Samsung Tab S7
Merk Kendaraan	Hyundai Ioniq EV 1 (2021)
Jarak Tempuh	373 km (berdasarkan NEDC) dan 311 km (berdasarkan WLTP)
Ukuran dan Panjang Mobil	Panjang 4.470 mm x lebar 1.820 mm x tinggi 1.475 mm. <i>wheelbase</i> 2.700 mm dan jarak antar tanah 150 mm.
Baterai	100 kW (136 PS) yang dipasok oleh baterai lithium ion 38,3 kWh
Connector & Tools	OBD-II & Global Diagnosctic Software

Fokus pengujian adalah mengakses dan mengakuisisi artefak digital tanpa merusak data (*logical*), serta kemampuan dalam menggabungkan dan menganalisis data dari subsistem yang berbeda. Setelahnya memastikan bahwa data yang diakuisisi tetap valid, konsisten, dan dapat digunakan dalam konteks hukum, dengan memperhatikan aspek integritas forensik. *Framework* diuji pada skenario nyata yang relevan seperti simulasi kecelakaan atau insiden kendaraan

lainnya untuk menilai kualitas hasil akuisisi dan analisis.

### **3.5 Validasi *Framework***

Pada tahap ini dilakukan validasi *framework* dengan pakar forensik kendaraan dan penyidik hukum untuk memastikan bahwa artefak yang diakuisisi dapat digunakan dalam proses penyidikan. Membandingkan hasil *framework* dengan metode akuisisi lain yang sudah ada untuk mengevaluasi keefektifannya. Serta menguji apakah data yang dihasilkan *framework* ini dapat diterima dalam konteks penyelidikan hukum, termasuk pengecekan terhadap integritas bukti dan proses rantai bukti (*chain of custody*).

### **3.6 Analisis Hasil dan Penyempurnaan *Framework***

Dalam Tahap ini menganalisis hasil pengujian dan menyempurnakan *framework* berdasarkan umpan balik dan temuan. Mengevaluasi kinerja *framework* berdasarkan data yang telah diakuisisi, termasuk kecepatan akuisisi, akurasi analisis, dan kemudahan integrasi subsistem. Mengidentifikasi potensi kelemahan *framework* dalam proses akuisisi atau analisis dan mengajukan solusi untuk mengatasinya. Penggunaan konsep 5W1H dalam dunia forensik ini dapat mempermudah proses investigasi karena dengan menerapkan metode ini, suatu kasus atau masalah dapat terpecahkan. Saat pertanyaan-pertanyaan konsep 5W1H dapat terjawab, hal ini membantu investigator untuk menemukan titik terang, bukti yang kuat, ataupun petunjuk yang merujuk ke bukti selanjutnya dari sebuah kasus yang sedang ditangani.

### **3.7 Laporan**

Berdasarkan semua proses yang telah dilakukan selama penelitian ini, mendokumentasikan seluruh proses penelitian, desain *framework*, hasil pengujian, serta kesimpulan yang diperoleh. Hasil laporan dari kesimpulan tersebut berguna sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya.

## BAB 4

### Hasil dan Pembahasan

#### 4.1 Perancangan *Framework*

Tahap perancangan dalam penelitian ini terdapat beberapa penelitian yang memberikan referensi tentang *framework* untuk forensik kendaraan telah dilakukan oleh sejumlah peneliti, dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

**Tabel 4.1** Referensi *Framework*

No	Penulis	Output <i>Framework</i>
1	(Ashcroft et al., 2004)	<i>NIJ</i>
2	(Taylor & Talib, 2013)	<i>Standard Operating Procedure of Digital Evidence Collection.</i>
3	(SWGDE, 2016)	<i>Best-Practices-for-Vehicle-Infotainment-and-Telematics-Systems</i>
4	(Essex Police, 2019)	<i>Essex Police Department tentang Procedure Vehicle Examination and Retention</i>
5	(Altschaffel et al., 2017)	<i>6 Steps Framework</i>
6	(Cebe et al., 2018)	<i>Block4Forensic</i>
7	(Gomez Buquerin et al., 2021)	<i>Automotive forensics process</i>
8	(Hossain et al., 2017)	<i>Operational Model of The Forensic Framework</i>
9	(Hoque & Hasan, 2021)	<i>AVGuard Framework</i>

Pada Tabel 4.1 menunjukkan terdapat sembilan daftar referensi untuk perancangan *framework* forensik digital yang dihasilkan terkait dengan forensik kendaraan dan pengumpulan bukti digital dari kendaraan elektrik. Setiap *framework* memiliki prosedur dan pedoman untuk memastikan bahwa bukti digital yang diambil dari kendaraan, seperti mobil listrik atau sistem telematika, dapat diakuisisi, disimpan, dan dianalisis dengan cara yang sah dan valid. Berbeda dengan arsitektur sebuah *computer*, walaupun *computer* berbeda *manufacturer* namun secara garis besar akan memiliki arsitektur *system computer* yang sama. Arsitektur *system* yang sama merupakan sebuah persyaratan agar *computer* tersebut dapat beroperasi dengan *system operasi* tertentu. Perbedaan satu *manufacturer* dengan *manufacturer* lainnya sifatnya adalah minor dan

tidak akan mengganggu cara kerja computer secara keseluruhan. Dalam hal ini aktivitas forensik terhadap sebuah *computer* akan didasarkan pada system operasi yang digunakan.

Ashcroft et al. (2004) - *NIJ (National Institute of Justice) Framework* ini berfokus pada pengembangan standar operasional prosedur (SOP) yang berlaku untuk pengumpulan dan analisis bukti digital secara forensik. NIJ merupakan badan yang memberikan panduan kepada lembaga penegak hukum terkait metode akuisisi, pengelolaan, dan pengujian bukti digital, serta memastikan bahwa bukti tersebut dapat diterima di pengadilan. Prosedur ini mencakup praktik terbaik dalam menangani bukti elektronik agar keasliannya tetap terjaga. Kemudian Taylor & Talib (2013) - *Standard Operating Procedure of Digital Evidence Collection* Taylor dan Talib mengembangkan sebuah *framework* yang berfokus pada SOP untuk pengumpulan bukti digital. *Framework* ini menguraikan langkah-langkah yang harus diikuti dalam proses pengambilan bukti digital untuk menjaga integritas data. Hal ini penting untuk menjamin bahwa bukti yang diambil tidak rusak atau diubah, sehingga dapat digunakan dalam proses penyelidikan hukum.

Sementara itu, SWGDE (2016) - *Best Practices for Vehicle Infotainment and Telematics Systems, Framework* yang dikembangkan oleh SWGDE (*Scientific Working Group on Digital Evidence*) berfokus pada sistem infotainment dan telematika dalam kendaraan. Sistem ini sering menyimpan data penting seperti lokasi GPS, riwayat panggilan, dan data navigasi yang bisa digunakan sebagai bukti forensik. SWGDE menyediakan praktik terbaik untuk mengakses dan menganalisis data dari sistem ini dengan cara yang sah. Sedangkan Essex Police (2019) - *Essex Police Department Procedure Vehicle Examination and Retention Framework* ini dikembangkan oleh *Essex Police* yang berfokus pada prosedur pemeriksaan dan penyimpanan kendaraan sebagai barang bukti. Dalam proses forensik kendaraan, penting untuk memiliki prosedur yang jelas mengenai cara pemeriksaan kendaraan dan pengelolaan bukti-bukti yang diambil dari dalam kendaraan. Prosedur ini mencakup metode pengambilan data, pengamanan kendaraan, serta pemeliharaan bukti selama penyelidikan.

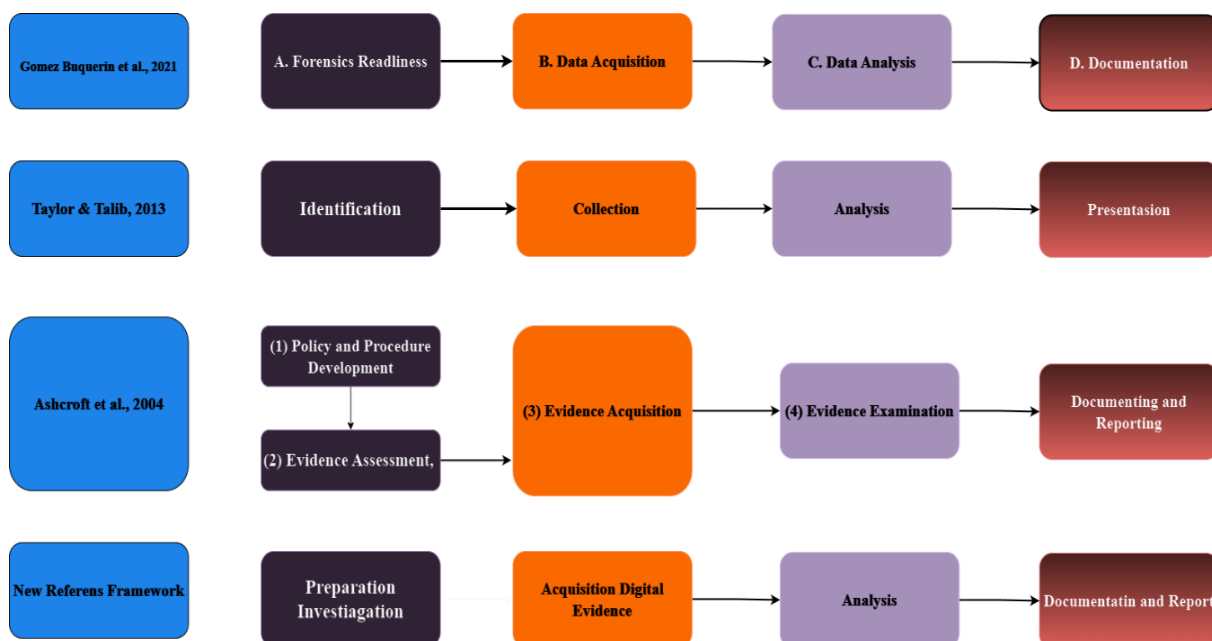
Berikutnya Altschaeffel et al. (2017) - *6 Steps Framework, framework* ini menyediakan pendekatan dalam enam langkah untuk akuisisi dan analisis bukti digital dari kendaraan. Langkah-langkah tersebut mencakup identifikasi, pengumpulan, akuisisi bukti, analisis, dokumentasi, dan pelaporan. Setiap tahap dijelaskan secara rinci untuk memastikan bahwa proses akuisisi bukti dilakukan secara sistematis dan komprehensif. *Framework* ini banyak digunakan dalam investigasi forensik digital, terutama yang melibatkan sistem kendaraan modern. Cebe et

al. (2018) - *Block4Forensic Framework* *Block4Forensic* menggunakan teknologi *blockchain* untuk memastikan keamanan dan integritas data forensik. *Blockchain* membantu menjaga keaslian bukti digital dengan membuat log yang tidak dapat diubah, yang menunjukkan kapan dan oleh siapa bukti diambil atau dianalisis. Dengan memanfaatkan *blockchain*, framework ini memastikan bahwa setiap perubahan pada bukti digital dapat dilacak, sehingga meminimalkan risiko manipulasi data selama proses forensik.

(Gomez Buquerin et al. 2021) dalam artikelnya yang berjudul *Automotive Forensics Process, Framework* ini dikhususkan untuk proses forensik di kendaraan otomotif, terutama yang menggunakan teknologi modern seperti sistem infotainment, telematika, dan pengaturan kontrol elektronik. Gomez Buquerin et al. menawarkan pendekatan yang mencakup akuisisi, analisis, dan pelaporan data digital dari kendaraan modern. *Framework* ini juga menekankan pentingnya mematuhi standar hukum dan praktik terbaik dalam pengumpulan bukti digital untuk memastikan validitasnya di pengadilan. Kemudian Hossain et al. (2017) dalam *Operational Model of the Forensic Framework*, *Framework* ini mengembangkan model operasional untuk proses forensik digital dengan fokus pada kendaraan modern. Hossain et al. memberikan panduan langkah demi langkah yang mencakup akuisisi data, pemeriksaan artefak digital, serta dokumentasi hasil. Tujuan utama dari *framework* ini adalah untuk memastikan bahwa bukti yang dihasilkan dari investigasi kendaraan dapat diakui secara hukum, sambil tetap menjaga integritas bukti selama investigasi.

Sementara itu Hoque & Hasan (2021) - *AVGuard Framework* adalah sistem yang berfokus pada keamanan forensik untuk *Autonomous Vehicles (AV)* atau kendaraan otonom. *Framework* ini dirancang untuk menangani tantangan unik yang dihadapi dalam pengumpulan dan analisis bukti digital dari kendaraan otonom, seperti pemrosesan data sensor, sistem pengambilan keputusan, dan komunikasi antar-vehikel. *Framework* ini menyediakan prosedur yang dapat digunakan untuk memastikan bahwa data dari kendaraan otonom dapat diakses, dianalisis, dan dipresentasikan sebagai bukti yang valid dalam investigasi.

Berdasarkan referensi yang di dapat, perancangan yang dilakukan dapat digunakan sebagai referensi dalam perancangan *framework*. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.1. Standard yang bisa digunakan yaitu *Automotive Process Forensics*, NIJ, dan *Standard Operating Procedure of Digital Evidence Collection*.



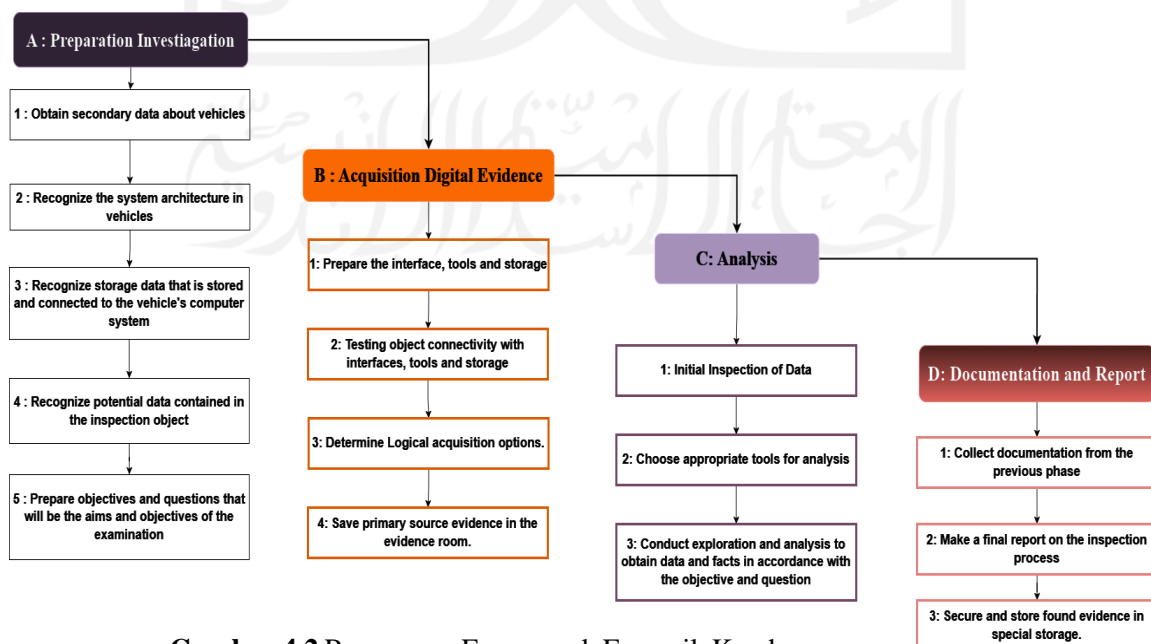
**Gambar 4. 1** Perancangan Framework

Pada Gambar 4.1 menjelaskan rancangan dalam proses forensik kendaraan yang ada di *framework* tersebut. Proses perancangan ini, tahapannya diambil dari beberapa referensi literatur yang mencakup aspek-aspek penting dalam akuisisi dan analisis bukti digital dalam forensik kendaraan, sehingga menghasilkan *framework* baru yang sesuai dengan proses penelitian pada mobil hyundai ioniq EV. Gomez Buquerin et al., (2021), tahap ini mencakup kesiapan organisasi dalam menghadapi investigasi forensik, termasuk persiapan alat, prosedur, dan pelatihan untuk memastikan bahwa sistem siap menangani bukti digital ketika diperlukan. Kemudian (*Data Acquisition*), langkah ini melibatkan proses pengumpulan bukti digital dari kendaraan atau perangkat terkait. Ini meliputi akuisisi data dari sistem infotainment, ECU (*Electronic Control Unit*) dan subsistem lainnya. Setelah bukti digital diperoleh (*Analisis Data*), data dianalisis untuk memahami pola, perilaku, atau aktivitas yang relevan dengan investigasi. Ini bisa berupa jejak perjalanan, interaksi pengguna, atau kondisi kendaraan. Setelah itu (*Dokumentasi*), tahap ini menekankan pentingnya mendokumentasikan setiap langkah dari akuisisi dan analisis data untuk memastikan integritas bukti dan kemampuannya untuk digunakan di pengadilan.

Selanjutnya yaitu Taylor & Talib, (2013). Pada tahap ini, identifikasi dilakukan terhadap bukti atau artefak digital yang relevan dengan investigasi. Ini mencakup identifikasi perangkat atau subsistem kendaraan yang berpotensi menyimpan informasi terkait investigasi. Setelah

identifikasi, langkah selanjutnya adalah (*Collection*) mengumpulkan data digital dari berbagai perangkat yang telah diidentifikasi, seperti sistem infotainment, telematika, dan baterai. Sama seperti tahapan sebelumnya, data yang telah dikumpulkan kemudian (*Analysis*) dianalisis untuk menemukan informasi yang relevan dengan kasus, seperti riwayat perjalanan atau pola penggunaan kendaraan. Hasil analisis harus disusun dan dipresentasikan (*Presentation*) dalam bentuk yang dapat dipahami oleh pihak berwenang atau pengadilan, dengan dokumentasi dan penjelasan yang jelas mengenai temuan.

Berikutnya Ashcroft et al., (2004). *Policy and Procedure Development* (Pengembangan Kebijakan dan Prosedur) Tahap ini melibatkan pengembangan kebijakan dan prosedur yang berkaitan dengan proses akuisisi dan analisis bukti digital, memastikan semua proses sesuai standar yang telah ditetapkan. Setelah itu (*Evidence Assessment*) Penilaian bukti digital yang ditemukan untuk menentukan relevansi dan pentingnya dalam konteks investigasi. Bukti yang tidak relevan atau kurang penting dapat dikesampingkan. Kemudian tahap pengambilan bukti digital atau *Evidence Acquisition* (Akuisisi Bukti), dari perangkat atau sistem yang telah diidentifikasi. Ini mirip dengan akuisisi data pada tahap-tahap sebelumnya. Sehingga pemeriksaan dan analisis bukti yang telah dikumpulkan menemukan pola atau informasi penting yang mendukung investigasi. Pada penelitian dirancang sebuah referensi *framework* untuk forensik kendaraan yang akan menjadi acuan pada penelitian mobil elektrik Hyundai ioniq EV. Perancangan *framework* ini terdapat 4 *phase* untuk forensik kendaraan, yaitu:



Gambar 4.2 Rancangan Framework Forensik Kendaraan

Pada Gambar 4.2 menjelaskan perancangan *framework forensic* kendaraan pada penelitian ini terdapat empat fase dalam investigasi forensic kendaraan digital, yaitu: *Preparation Investigation* (A), *Acquisition Digital Evidence* (B), *Analysis* (C), dan *Documentation and Report* (D). *Phase* ini merujuk pada tiga referensi *framework* yang digunakan dalam proses investigasi forensic digital yang terdapat pada Gambar 4.1. Bertujuan untuk memastikan bahwa setiap langkah dalam pengumpulan, analisis, dan pelaporan bukti dilakukan dengan cara yang terstruktur dan dapat dipertanggungjawabkan.

*Phase A: Preparation Investigation* Pada tahap ini, persiapan dilakukan sebelum pengumpulan bukti. Investigator harus memahami konteks investigasi, menetapkan tujuan, dan merancang prosedur untuk memastikan proses akuisisi dan analisis bukti berjalan dengan baik. Ini mencakup identifikasi sistem yang relevan, alat yang diperlukan, serta memastikan kepatuhan dengan standar hukum. Tahap ini merujuk pada referensi *framework* yang dibahas oleh Taylor & Talib (2013) dan Ashcroft et al. (2004), yang menekankan pentingnya persiapan yang matang untuk meminimalisir risiko kehilangan atau kerusakan bukti.

*Phase B: Acquisition Digital Evidence* Pada fase ini, investigator mengumpulkan bukti digital dari berbagai sumber, seperti perangkat penyimpanan, sistem infotainment, telematika, atau sistem manajemen baterai dalam kendaraan listrik. Pengumpulan data harus dilakukan dengan teknik yang memastikan integritas data, termasuk pembuatan salinan forensic, hashing, dan penggunaan perangkat keras (OBD-II) serta tools. Tahapan ini sering kali berdasarkan standar yang diakui, seperti NIST (*National Institute of Standards and Technology*), yang menyediakan panduan tentang cara mengumpulkan bukti digital dengan benar. Proses akuisisi ini sangat penting dalam menjaga keaslian bukti yang akan digunakan di pengadilan.

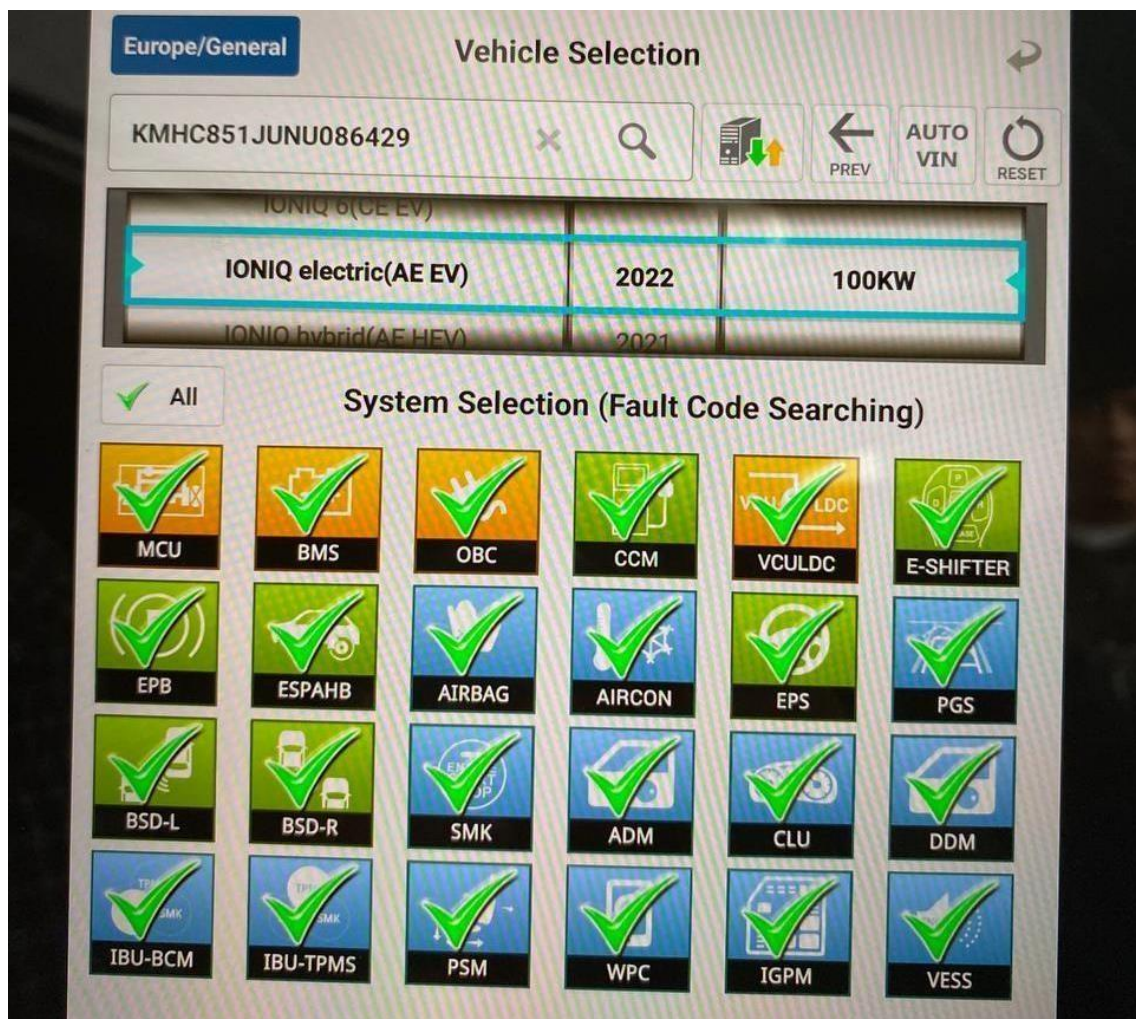
*Phase C: Analysis* Setelah bukti berhasil diakuisisi, tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi pola, anomali, atau informasi relevan dari data yang terkumpul. Analisis bisa mencakup penguraian log sistem, rekonstruksi aktivitas pengguna, serta pemeriksaan lebih lanjut mengenai interaksi sistem. Tahap ini mengacu pada *framework* seperti yang dijelaskan oleh Gomez Buquerin et al. (2021), yang menyarankan metode-metode analisis forensic untuk kendaraan modern, termasuk analisis data dari ECU dan CAN bus.

*Phase D: Documentation and Report* Fase terakhir adalah dokumentasi dan pelaporan. Semua temuan dari proses investigasi harus didokumentasikan secara rinci, mencakup hasil akuisisi, analisis, dan kesimpulan yang diambil. Laporan ini menjadi dokumen resmi yang dapat digunakan dalam proses hukum, sehingga penting untuk memastikan laporan ditulis dengan jelas

dan mudah dimengerti. Sesuai dengan referensi *framework* forensik seperti dari Ashcroft et al. (2004), dokumentasi ini juga harus mencakup deskripsi tentang metodologi yang digunakan, alat yang terlibat, serta prosedur keamanan data yang diterapkan.

## 4.2 Artefak Digital dari Hyundai Ioniq EV

Setelah *framework* akuisisi diimplementasikan dan diuji pada Hyundai Ioniq EV, hasil berikut diperoleh 24 data berhasil diakuisisi dari *Fault Code Searching* yang mencakup informasi seperti kecepatan kendaraan, akselerasi, posisi pedal gas, status rem, dan informasi diagnostik kendaraan (ECU dan Telematika). Data ini memberikan riwayat operasi kendaraan kondisi baik atau rusak.



**Gambar 4.3** Fault Code Searching

Artefak digital yang diambil dari sistem infotainment mencakup riwayat navigasi GPS, log panggilan, dan data koneksi *Bluetooth*. Data dari sistem telematika memberikan informasi tentang riwayat pengisian daya, status baterai, dan lokasi pengisian daya terakhir. Artefak ini

membantu menganalisis waktu dan tempat terakhir kendaraan sebelum insiden. Data yang berhasil diambil dari sistem manajemen baterai (BMS) mencakup tingkat pengisian daya, suhu baterai, dan status kesehatan baterai. Data ini relevan dalam investigasi kecelakaan yang melibatkan kegagalan baterai atau potensi kebakaran.

### 4.3 Validasi Data


Setelah data diakuisisi, hasil dari modul subsistem dilakukan validasi untuk memastikan bahwa artefak digital yang diambil memiliki integritas tinggi dan tidak terpengaruh oleh proses akuisisi. Langkah validasi yang dilakukan adalah melakukan hashing data, *chain of custody* dan *cross verification*.

**Tabel 4.2** Nilai Hash Modul Hyundai Ioniq EV

Modul	Nilai Hash (SHA-256)
MCU	7d06c8373e2a395b37dde41aef683a1703e1702e246b1555f073ec73be7c7bef
BMS	6a233253b678fe85652410d8a961bca06c2b51d8780065b699100abec77f1c86
OBC	7ea8211afe1d06b69a4f7c49dce22426fa0b0cbd9ba22c5e85021c53635d0f48
CCM	433742e12031a3d2a85aef31a466400391d7f2eb93e55eff7b1595088f0ad0d1
VCULDC	4303306d75ade4b8c323b951c5c6db2b1355941a7dcea265110687366355e92d
E-SHIFTER	01cb44c3097e3a73bd95ddc41fea16168d44cbcd4be3232fc942a418ac9fee97
EPB	b0d5c02a7bfb739be3ed8c0817303c1038a6625ace2da508fcb8067d8968c418
ESPAHB	474035b8068b0bbfdfe83684acccf884a66a50d916990c91771d2e26396fa768
AIRBAG	714f43b849a9b97409d996b6121ceb652bde325f7b5b64d6d9df9ed889f7c113
AIRCON	03eb89a70017d327ac3158ec8183967ce1f24947b0526f5e75bef830facf994f
EPS	f975a66154cead12be52036a5e4b15195921420908f47e661a87bd8acda366f8
PGS	8c992e72aad43ccbe526d3bee18daa5290153a0e728630d7d9154a19c2100b5
BSD-L	6edb64a4b98e754ab43e8664a3345a92700b6cf2cc52dcb690310b152677626c
BSD-R	192c8c2a276d7a9ae9525b0bf46248f0a809b86b81bc97f2345ccd2f3afd85b6
SMK	c1c7144bfc6f292daacedc07709055cbd715d47dbda8404cc6ec2ed03ef7f1b8
ADM	11b321beaad29dcdfd5dfc3f8f748e05ca6fee1c2dc68038c8abfd3aac83ecde
CLU	1ed83235a7331d4bc5c0767baeebaa855a6e3ad616a9b53fe711c841cfd8b137
DDM	02d5ceeee0a1d0898e001665314823e28bf93efc1a37f67d3e25222eb5a34e55
IBU-BCM.	4c9c30d334049e9419bdb719fb72cf2761beb62a49ff16867e2470670b731c64
IBU-TPMS	9312ee0855515cf91e5b36bebd6996ce11b329b1ba92f5d0406e5a581a14921d
PSM	190ef06e86cc68bb3861eef7e49b69aa9ffc8985e8183ed8a38cd17f2c0a652a
WPC	45ac0ade218923b45ba34c6fe38d43d22420c3d89e48a993a8b0c3f8be60638a
IGPM	954a6bb84d9cfac2791d4d3acf5a310ca5203868aa3686e5304dfd61d14ea887
VESS	de24c9ebf1d23f90b5db249280df5e4d28b431f30523d93bb7908becc8777b1b

Pada Tabel 4.2 menjelaskan setiap artefak digital yang diambil dari modul, di-hash menggunakan algoritma hash kriptografis seperti SHA-256 untuk memverifikasi bahwa tidak ada modifikasi data yang terjadi selama proses implementasi *framework* akuisisi.

**Tabel 4.3 Chain of Custody**

The item described below were obtained as evidence by the undersigned during an investigation of the : Pemda Kab. Gorontalo		
Description of item: Modul data dari ECU Hyundai Ioniq EV		
Obtain from: ECU Hyundai Ioniq EV		
Printed name of Investigator: Zulhair	Signature of Investigator: 	Date Obtained: 01-03-2024
Case number 01		
Temporary disposition of item: Ruang Penyimpanan Digital		
Released by :	Released to :	Date : Jumat, 1-03-2024
Temporary disposition of item:		

Pada table 4.2 menjelaskan tentang *Chain of Custody* Dalam penelitian ini. Deskripsi barang bukti diisi dengan data modul yang diambil dari data ECU pada mobil Hyundai ioniq EV. Data tersebut diperoleh dari ECU Hyundai ioniq EV. Kemudian nama penyelidik atau investigator yaitu Zulhair (peneliti yang mengumpulkan data dari modul ECU). Setelah itu harus ditandatangani oleh penyelidik yang mengumpulkan barang bukti. Tanda tangan diperlukan untuk menegaskan bahwa investigator tersebut bertanggung jawab atas pengambilan barang bukti. Kemudian tanggal diperoleh yaitu 01-03-2024 , ini penting untuk merekam waktu setiap pengambilan barang bukti . Sementara itu Nomor kasus atau referensi investigasi dicantumkan. Nomor ini memungkinkan identifikasi kasus secara unik dalam basis data penyelidikan. Penempatan sementara barang bukti, pada ruang penyimpanan digital, bagian ini mencatat lokasi penyimpanan sementara barang bukti setelah diambil. Setelah itu diserahkan oleh – nama dan tanda tangan. Orang yang menyerahkan barang bukti harus mencantumkan nama lengkapnya dan menandatangani formulir. Hal ini memastikan bahwa ada catatan jelas tentang siapa yang bertanggung jawab sebelum menyerahkan barang bukti. Setelah diserahkan, diterima oleh nama dan tanda tangan. Released to diisi dengan nama lengkap dan tanda tangan orang yang menerima barang bukti dari pihak sebelumnya. Ini bisa menjadi orang lain di tim investigasi atau pihak penyimpanan data forensik. Setiap kali barang bukti dipindahkan atau diserahkan ke orang lain, tanggalnya harus dicatat di sini. Ini menciptakan jejak waktu yang jelas mengenai siapa yang mengakses dan memindahkan barang bukti pada saat tertentu.

#### 4.4 Analisis Artefak Digital

Setelah akuisisi, dilakukan analisis terhadap data untuk menghasilkan informasi yang relevan bagi investigasi forensik dengan menggunakan *Global Diagnostic Software*.



**Gambar 4.4** Analisis Baterai

Status baterai dan suhu dari sistem manajemen baterai yang 95% pada Gambar 4.2 membantu menentukan apakah terjadi kegagalan sistem pada saat insiden. Misalnya, penurunan daya yang tidak biasa sebelum insiden dapat mengindikasikan masalah teknis yang berkontribusi terhadap kecelakaan. Pada ECO driving menunjukkan penggunaan ECO driving mode yang membantu mengoptimalkan efisiensi energi. Tampak bahwa mode ECO driving saat ini menunjukkan pengurangan emisi sebesar 4 kg (kemungkinan CO<sub>2</sub> yang dihemat). Ini merupakan fitur yang mendorong perilaku berkendara lebih efisien, yang sering digunakan oleh pengemudi yang sadar akan penghematan energi.

Sensor Name(7)	Value	Unit	Link Up
FUEL INPUT	Not Supported.	L	
Battery Voltage on CLU	14.6	V	
Odometer	5080	km	
IGN1	ON	-	
Battery Warning Lamp	OFF	-	
Washer Low	OFF	-	
D-Mode Switch	OFF	-	

**Gambar 4.5** Data Analyst

Berdasarkan data dari data *analyst*, *framework* mampu merekonstruksi kecepatan kendaraan, namun tidak dengan lokasi kendaraan pada saat kejadian. Ini membantu dalam investigasi kecelakaan untuk menentukan apakah pengemudi melakukan tindakan pencegahan sebelum insiden. Akan tetapi lokasi kendaraan tidak dapat diketahui. Kemudian menunjukkan bahwa tegangan baterai yang terkait dengan komponen CLU (*Clutch Actuator Unit*) adalah sebesar 14.6

volt. Sehingga, nilai tegangan baterai yang diukur pada CLU pada mobil Hyundai Ioniq 1 memberikan informasi tentang kesehatan baterai. Pada kondisi mesin mati, maka voltase yang seharusnya adalah 12,6 Volt, ini pada kondisi aki 100%. Namun selama masih mendekati 12 Volt, tidak terlalu masalah. Kemudian, pada saat mesin menyala, voltase baterai akan meningkat dan berada pada kisaran 13,5 hingga 14,5 Volt. Hal ini karena alternator yang mendongkrak daya tersebut. Jika alternator mengalami kendala, maka voltase tersebut akan menurun dan bahkan bisa berada sampai di bawah 12 Volt. Jika kondisi aki sudah lemah, maka seringkali berada di kisaran 11 Volt ke bawah. Penurunan daya yang tidak biasa sebelum insiden menjadi indikasi masalah teknis yang berkontribusi terhadap kecelakaan. Analisis dari data baterai dan sistem manajemen energi membantu dalam mengidentifikasi adanya potensi masalah teknis atau kerusakan mekanis sebelum insiden.

**Tabel 4. 4** Artefak Digital Hyundai Ioniq EV

No.	Kategori Data	Variabel	Fitur	Deskripsi
1	Identifikasi Kendaraan	Nomor Identifikasi Kendaraan (VIN)	✓	KMHC881JUNU086429
		Tipe Kendaraan	✓	Ioniq EV 1
		Model Kendaraan	✓	Sedan
		Tahun Pembuatan	✓	2022
		Merek Kendaraan	✓	Hyundai Ioniq
2	Data Lokasi	Kordinat GPS	x	Fitur belum ada
		Riwayat Perjalanan	x	Fitur belum ada
3	Data Sensor	Data Sensor Kendaraan	✓	Keadaan <i>good</i> atau baik
		Sistem Navigasi	x	Fitur belum ada
		Sensor Kecelakaan	✓	Keadaan <i>good</i> atau baik
		Data Telematika	✓	Keadaan <i>good</i> atau baik
4	Data ECU	Data ECU	✓	Keadaan <i>good</i> atau baik
5	Data Forensik	Catatan Perbaikan	x	Belum ada catatan perbaikan
		Log Pemakaian	✓	5080 KM
6	Data Pemilik dan Registrasi	Informasi Pemilik	✓	Sekretariat Daerah Kabupaten Gorontalo
		Alamat	✓	Kec. Limboto Kabupaten Gorontalo

No.	Kategori Data	Variabel	Fitur	Deskripsi
7	Data Multimedia	Foto dan Video	x	Tidak dapat diakses melalui GDS (Global Diagnostic System).
8	Tanggal Pengambilan	Jumat		01-03-2024

Tabel 4.4 memberikan detail tentang berbagai kategori artefak data digital yang dapat terdapat pada mobil Hyundai Ioniq EV, khususnya terkait identifikasi, lokasi, sensor, ECU, forensik, pemilik, dan multimedia. Pada kategori Identifikasi Kendaraan, terdapat informasi seperti Nomor Identifikasi Kendaraan (VIN), tipe kendaraan, model, tahun pembuatan, serta merek, yang semuanya tersedia dan terverifikasi dalam kondisi baik. Data nomor VIN dan tipe kendaraan penting dalam investigasi forensik untuk mengidentifikasi kendaraan karena *Vehicle Identification Number* yang unik. Sementara itu, kategori Data Lokasi dan Data Sensor menunjukkan bahwa beberapa fitur terkait GPS dan navigasi belum ada atau tidak diaktifkan, namun sistem sensor kendaraan dalam keadaan baik dan bisa digunakan untuk memantau data terkait kecepatan atau kecelakaan. Sementara itu Data ECU dan Data Forensik yang menjelaskan kondisi sistem internal kendaraan, seperti catatan perbaikan yang menunjukkan jarak tempuh kendaraan sekitar 5080 KM, yang dapat digunakan dalam investigasi forensik untuk memverifikasi riwayat penggunaan kendaraan. Data terkait Pemilik dan Registrasi memberikan informasi tentang kepemilikan dan alamat kendaraan, yang sangat penting dalam konteks investigasi kepemilikan dan hukum. Namun, pada data multimedia, terlihat bahwa akses terhadap foto dan video tidak tersedia karena tidak bisa diakses melalui sistem diagnostik GDS (*Global Diagnostic System*), yang menjadi keterbatasan dalam mengumpulkan data visual untuk keperluan investigasi lebih lanjut.

OBD-II (*On-Board Diagnostics II*) memiliki kontribusi ilmiah dalam pengambilan data untuk kepentingan forensik kendaraan. Penggunaan metode logical acquisition melalui *port* OBD pada Hyundai Ioniq EV membantu dalam mengakses data penting tanpa harus merusak atau mengubah fisik kendaraan. Sistem ini mengakses data dari berbagai modul sensor yang terhubung dengan kontrol utama kendaraan, seperti Data Ecu, Telematika dan modul-modul yang lainnya. OBD-II menyediakan data diagnostik standar seperti kode kerusakan, status sensor, dan data operasional mesin, yang berguna untuk menentukan aktivitas terakhir kendaraan, seperti kecepatan, akselerasi, dan penggunaan rem, pengumpulan bukti, dan pengembangan metode forensik digital. Data ini membantu menentukan aktivitas terakhir kendaraan dan mengakses log

perjalanan serta pola penggunaan. Namun, pada kendaraan listrik seperti Hyundai Ioniq EV, OBD-II tidak mencakup semua data relevan karena perbedaan arsitektur sistem dan perangkat lunaknya. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Jacobs et al., (2012) yang menggunakan metode physical acquisition untuk mengumpulkan data dari sistem infotainment dan navigasi mobil, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih efisien dan minim risiko, prosesnya memakan waktu lebih lama dan berisiko merusak komponen kendaraan. Penelitian lain oleh Gomez Buquerin et al., (2021) menggunakan metode logical acquisition pada kendaraan elektrik, Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan melakukan analisis data dari sumber-sumber yang tersedia, seperti VIN (*Vehicle Identification Number*), data ECU (*Electronic Control Unit*), dan data dari antarmuka diagnostik OBD (*On-Board Diagnostics*). menunjukkan proses yang cepat dan tidak invasif, meskipun datanya kurang komprehensif dibandingkan metode physical acquisition. Temuan ini menegaskan bahwa logical acquisition adalah alternatif yang efektif dalam mengumpulkan artefak digital dari kendaraan listrik, membantu mempercepat proses investigasi forensik tanpa mengurangi kualitas dan kelengkapan data yang diperoleh serta kemampuan mengumpulkan data yang komprehensif tanpa perlu pembongkaran fisik kendaraan.

Berikut adalah analisis menggunakan metode 5W+1H (*What, Who, When, Where, Why, and How*) dalam forensik digital kendaraan berdasarkan tabel yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 :

**Tabel 4.5** Analisis 5W + 1H

<i>What</i>	VIN, KMHC881JUNU086429, Tipe Kendaraan sedan, Data Sensor, Data ECU, Data Forensik, Fitur dan Kondisi Data untuk data ECU dan Telematika
<i>Who</i>	Pemilik kendaraan Sekretariat Daerah Kabupaten Gorontalo, Investigator
<i>When</i>	Keadaan good atau baik untuk Sensor dan ECU data ini diambil ketika kendaraan dalam kondisi prima.
<i>Where</i>	Data berasal dari berbagai subsistem kendaraan Hyundai Ioniq EV, seperti dari ECU, Sensor Kendaraan, Sistem Navigasi, Telematika. Lokasi pengambilan di Kec. Limboto Kabupaten Gorontalo
<i>Why</i>	Data ini relevan untuk keperluan forensik kendaraan, terutama dalam menyelidiki kondisi dan aktivitas kendaraan terkait dengan insiden, kecelakaan, atau investigasi hukum lainnya. Data forensik seperti catatan perbaikan dan log pemakaian dapat digunakan untuk memvalidasi klaim, sedangkan data sensor dan ECU penting untuk rekonstruksi kejadian atau investigasi teknis kendaraan.

---

*How* Data dianalisis menggunakan alat forensik digital seperti Global Diagnostic System (GDS) digunakan untuk mengakses beberapa bagian data kendaraan.

---

Metode 5W+1H ini memberikan kerangka untuk menganalisis dan memanfaatkan data digital kendaraan Hyundai Ioniq EV dalam konteks forensik. Data dari berbagai kategori seperti identifikasi kendaraan, sensor, dan ECU memberikan wawasan tentang riwayat, kondisi, dan pemakaian kendaraan, yang semuanya penting dalam proses investigasi. *What* (Apa yang dianalisis?) Tabel menunjukkan berbagai kategori data kendaraan Hyundai Ioniq EV seperti Nomor Identifikasi Kendaraan (VIN), Tipe Kendaraan, Data Sensor, Data ECU, Data Forensik (misalnya catatan perbaikan), dan Data Pemilik. Kemudian fitur dan kondisi data kondisi good atau baik untuk sensor, ECU, dan telematika. *Who* (Siapa yang terlibat?) Data pemilik yang terkait dengan kendaraan tersebut adalah Sekretariat Daerah Kabupaten Gorontalo, yang diidentifikasi dalam kategori Data Pemilik dan Registrasi. Kemudian investigator yang bertanggung jawab mengumpulkan dan menganalisis data kendaraan, seperti ahli forensik digital yang menggunakan *Global Diagnostic System* (GDS). *When* (Kapan data diambil?) Data saat ini, berdasarkan deskripsi di tabel, data diambil pada saat kondisi kendaraan dalam keadaan baik. Keadaan *good* atau baik untuk Sensor dan ECU menunjukkan bahwa data ini diambil ketika kendaraan dalam kondisi prima. *Where* (Dimana data diperoleh?) Data berasal dari berbagai subsistem kendaraan Hyundai Ioniq EV dari *fault code searching*, seperti dari ECU dan Sensor Telematika. Untuk lokasi Pengambilan data di Kec. Limboto Kab. Gorontalo. *Why* (Mengapa data ini relevan?) Data ini relevan untuk keperluan forensik kendaraan, terutama dalam menyelidiki kondisi dan aktivitas kendaraan terkait dengan insiden, kecelakaan, atau investigasi hukum lainnya. Data forensik seperti catatan perbaikan dan log pemakaian dapat digunakan untuk memvalidasi klaim, sedangkan data sensor dan ECU penting untuk rekonstruksi kejadian atau investigasi teknis kendaraan. *How* (Bagaimana data dianalisis?) Data dianalisis menggunakan alat forensik digital seperti *Global Diagnostic System* (GDS) yang digunakan untuk mengakses beberapa bagian data kendaraan. Misalnya, foto dan video multimedia tidak dapat diakses melalui GDS, sehingga mungkin memerlukan alat lain atau prosedur manual. Setiap kategori data dari ECU, sensor, dan telematika dianalisis untuk mengevaluasi kondisi kendaraan.

#### 4.5 Keberhasilan *Framework* Dalam Akuisisi Data

*Framework* ini berhasil mengakuisisi artefak digital dari subsistem yang dalam Hyundai Ioniq EV tanpa merusak sistem kendaraan.

##### **A : *Preparation of Investigation***

A1: Mendapatkan data sekunder tentang kendaraan yang menjadi objek pemeriksaan

Mendapatkan data sekunder tentang kendaraan yang menjadi objek pemeriksaan dalam hal ini melibatkan pengumpulan informasi yang relevan dan mendukung dari studi literatur, dokumentasi resmi, dan penelitian sebelumnya.

A2: Mengenal arsitektur system pada kendaraan yang menjadi objek pemeriksaan

Mengenal arsitektur sistem pada kendaraan yang menjadi objek pemeriksaan, dalam hal ini Hyundai Ioniq EV, adalah langkah penting dalam proses forensik digital. Arsitektur sistem mencakup pemahaman tentang bagaimana berbagai komponen dan subsistem kendaraan berinteraksi satu sama lain.

A3: Mengenal data storage yang tersimpan dan terkoneksi dengan system computer pada kendaraan yang menjadi objek pemeriksaan.

A4: Mengenal data potensial yang terdapat pada objek pemeriksaan

Mengenal data potensial yang terdapat pada objek pemeriksaan, khususnya pada kendaraan Hyundai Ioniq EV, mencakup identifikasi berbagai jenis artefak digital yang dapat diakuisisi dari subsistem kendaraan. Beberapa jenis data yang diidentifikasi meliputi, data lokasi, riwayat penggunaan, status baterai, dan komunikasi antar modul. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam mengenal arsitektur sistem ini meliputi komponen utama yaitu data ECU dan telematika termasuk BMS (*Battery Management System*) sistem yang mengelola pengisian dan penggunaan baterai kendaraan elektrik.

A5: Menyiapkan *objective* and *question* yang akan menjadi maksud dan tujuan pemeriksaan

**Tabel 4.6** Objective and Question

<i>Objective</i>	<i>Question</i>
Mendapatkan artefak digital dari	Apa saja jenis artefak digital yang

subsistem Hyundai Ioniq EV, seperti ECU dan telematika untuk mendukung investigasi forensik kendaraan.	dapat diambil dari berbagai modul di Hyundai Ioniq EV, dan bagaimana keterkaitan mereka dengan investigasi forensik?
Menganalisis pola penggunaan kendaraan, interaksi pengguna, dan status baterai berdasarkan data yang diperoleh dari subsistem tersebut untuk mendapatkan bukti digital yang relevan.	Apakah ada pola anomali dalam data penggunaan energi atau status baterai yang dapat menunjukkan penyalahgunaan atau kesalahan pada sistem kendaraan?
Memvalidasi keaslian data yang diakuisisi melalui prosedur forensik yang memastikan integritas bukti dan rantai hukum (chain of custody).	Modul mana sajakah yang dapat digunakan sebagai alat bukti untuk dipresentasikan pada persidangan?

### **B : Acquisition Digital Evidence**

A1: Mempersiapkan *interface*, *tools* dan *storage*

Interface yang dipersiapkan berupa OBD-II untuk menghubungkan perangkat akuisisi dengan *port* diagnostik kendaraan, kemudian *tools* menggunakan GDS atau *Global Diagnostic Software*, dan *storage*.

A2: Testing konektivitas objek dengan *interface* mobil hyundai Ioniq EV, *tools* GDS dan *storage*

A3: Menentukan pilihan akuisisi *logical* dengan menggunakan OBD-II pada *port* OBD di mobil Hyundai ioniq EV

A4: Menyimpan *primary source evidence* kedalam *evidence room*.

### **C : Analysis**

A1: Pemeriksaan data awal

A2: Memilih *tools* yang sesuai untuk *analysis*, *tools* yang digunakan pada penelitian ini yaitu GDS (*Global Diagnostic Software*)

A3: Melakukan eksplorasi dan analisis untuk mendapatkan data dan fakta sesuai dengan *objective* and *question*

**Tabel 4.7** Eksplorasi dan Analisis

Modul	Potensi data yang dapat diperoleh	Bisa Dijadikan Alat Bukti?
<i>PGS</i> ( <i>Pedestrian Sound System</i> )	Data sistem suara untuk keselamatan pejalan kaki	✓
<i>CCM</i> ( <i>Climate Control Modul</i> )	Data terkait kontrol dan operasi sistem kontrol iklim	x
<i>AIRBAG</i>	Informasi tentang aktivasi airbag dan sensor benturan	✓
<i>BMS</i> ( <i>Battery Management System</i> )	Data status baterai, riwayat pengisian dan pemakaian	✓
<i>ESPAHB</i> ( <i>Electronic Stability Program and Hydraulic Brake</i> )	Data sistem kestabilan dan rem hidrolik	✓
<i>MCU</i> ( <i>Motor Control Unit</i> )	Data terkait kontrol dan operasi motor listrik	✓
<i>OBC</i> ( <i>On-Board Charger</i> )	Informasi pengisian daya, riwayat pengisian	✓
<i>VCULDC</i> ( <i>Vehicle Control Unit Low Voltage DC</i> )	Data manajemen daya, operasi sistem listrik	✓
<i>E-SHIFTER</i> ( <i>Electronic Shifter</i> )	Status dan riwayat peralihan gigi	✓
<i>EPB</i> ( <i>Electronic Parking Brake</i> )	Data penggunaan rem parkir elektronik	✓
<i>EPS</i> ( <i>Electric Power Steering</i> )	Informasi terkait penggunaan dan status kemudi listrik	✓
<i>BSD-LR</i> ( <i>Blind Spot Detection - Left/Right</i> )	Data deteksi objek di blind spot	✓
<i>ADM</i> ( <i>Advanced Driver Assistance Module</i> )	Data dari sistem bantuan pengemudi lanjutan	✓
<i>DDM</i> ( <i>Driver Door Modul</i> )	Status dan riwayat pintu pengemudi	✓
<i>PSM</i> ( <i>Power Supply Module</i> )	Informasi suplai daya	✓
<i>IBU-BCM</i> ( <i>Integrated Body Unit - Body Control Module</i> )	Data dari sistem kontrol tubuh kendaraan	✓
<i>IBU-TPMS</i> ( <i>Integrated Body Unit - Tire Pressure Monitoring System</i> )	Data tekanan ban dan riwayat	✓
<i>VESS</i>	Data sistem suara mesin	✓

Modul	Potensi data yang dapat diperoleh	Bisa Dijadikan Alat Bukti?
<i>(Vehicle Engine Sound System)</i>	untuk keselamatan	
<i>AIRCON (Air Conditioning System)</i>	Status dan data operasi sistem AC	<b>x</b>
<i>SMK (Smart Key System)</i>	Informasi penggunaan smart key dan akses kendaraan	✓
<i>IGPM (Instrument Panel Modul)</i>	Data tampilan instrumen, riwayat kecepatan, dan indikator	✓
<i>WPC (Wireless Power Charger)</i>	Informasi pengisian daya nirkabel	<b>x</b>
<i>CLU (Cluster Control Unit)</i>	Data dari unit kontrol kluster	✓

#### **D : Documentation and Reporting**

A1: Mengumpulkan (*collecting*) dokumentasi dari phase sebelumnya

A2: Membuat laporan akhir terhadap proses pemeriksaan

A3: Mengamankan dan menyimpan temuan barang bukti ke dalam *storage* khusus.

Keberhasilan penerapan *framework* ini menunjukkan bahwa *framework* mampu beroperasi dalam lingkungan kendaraan elektrik yang kompleks. *Framework* ini juga berhasil menjaga integritas data melalui proses *hashing* dan pencatatan *chain of custody* yang mendetail. Validasi data memastikan bahwa bukti digital yang dihasilkan dapat digunakan secara sah dalam proses hukum. Umpan balik dari pakar forensik menyatakan bahwa artefak yang diambil memiliki tingkat validitas tinggi dan dapat diterima di pengadilan dengan sedikit risiko tantangan terkait integritas bukti.

#### **4.6 Kelemahan Yang Terindikasi dan Perbaikan**

Meski *framework* menunjukkan hasil yang menjanjikan, beberapa kelemahan juga teridentifikasi. Terdapat beberapa kelemahan ketika melakukan akuisisi mobil hyundai ioniq ev. Kendala utama pada proses akuisisi data menggunakan GDS pada mobil Hyundai Ioniq 1 adalah keterbatasan akses data. Meskipun GDS dirancang khusus untuk kendaraan, tidak semua data dari modul kontrol kendaraan mungkin dapat diakses atau diekstrak dengan mudah. Selain itu, versi perangkat lunak GDS yang digunakan tidak sepenuhnya kompatibel dengan model Hyundai

Ioniq 1, kemudian fitur sensor yang terdapat pada mobil terbatas, tidak mencakup riwayat perjalanan, koordinat GPS dan sistem navigasi, sehingga data tersebut tidak terbaca atau tidak tersedia untuk akuisisi. Termasuk juga (*menyimpan primary source evidence* kedalam *evidence room*) tidak adanya kartu memori pada tab atau perangkat yang digunakan untuk akuisisi sehingga dilakukan pemindaian data, data yang tersimpan hanya bisa di screenshot tanpa mengekstrak data dari perangkat tersebut. Sehingga terjadi pemindaian hasil data digital yang didapatkan.

Perbaikan yang diusulkan untuk mengatasi kelemahan yang teridentifikasi meliputi Pengembangan Software yang lebih baik, diharapkan untuk mengembangkan perangkat lunak yang lebih canggih dan kompatibel dengan model Hyundai Ioniq 1, sehingga dapat mengakses dan mengekstrak data dari semua modul kontrol kendaraan dengan lebih efektif. Setelah itu *framework* yang digunakan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung akuisisi data secara real-time, yang akan meningkatkan kemampuan untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat dan terkini dari kendaraan. Penelitian selanjutnya perlu mengeksplorasi solusi untuk memulihkan artefak digital yang telah dihapus, sehingga data yang hilang dapat diakses dan dianalisis. Kemudian mengusulkan pengembangan fitur sensor yang lebih lengkap pada mobil yang tersedia, termasuk sistem navigasi dan pelacakan GPS, untuk meningkatkan kualitas data yang dapat diakuisisi.

# BAB 5

## Kesimpulan

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan sebelumnya, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil perancangan *framework* yang telah dilakukan memuat 4 *phase* untuk tahapan penelitian pada mobil elektrik Hyundai Ioniq EV yang terdiri dari *Preparation Investigation, Acquisition Digital Evidence, Analysis, Documentation and Report*. *Framework* ini menguraikan langkah-langkah yang harus diikuti dalam proses pengambilan bukti digital untuk menjaga integritas data. Hal ini penting untuk menjamin bahwa bukti yang diambil tidak rusak atau diubah, sehingga dapat digunakan dalam proses penyelidikan hukum. Terdapat 24 bukti digital yang berhasil didapatkan, terdiri dari, mcu, bms, obc, ccm, vculdc, shifter, epb, espahb, airbag, aircon, eps, pgs, bsdl-r, smk, adm, clu, ddm, ibu-bcm, ibu-tpms, psm, wpc, igpm, vess. *Phase* ini merujuk pada tiga referensi *framework* yang digunakan dalam proses investigasi forensik digital, bertujuan untuk memastikan bahwa setiap langkah dalam pengumpulan, analisis, dan pelaporan bukti dilakukan dengan cara yang terstruktur dan dapat dipertanggungjawabkan.
2. Analisis Artefak digital pada mobil hyundai ioniq EV ditemukan 21 artefak digital yang bisa menjadi alat bukti, seperti mcu, obc, epb, eps, dan ecm, yang menyediakan data penting mengenai operasi dan status kendaraan. Sedangkan 3 modul seperti aircon, ccm, wpc, mungkin tidak memberikan data yang langsung terkait dengan penyebab atau kronologi insiden. Karena data dari modul-modul ini tidak langsung berkaitan dengan penyebab atau kronologi insiden. Hasil analisis artefak dikategorikan menjadi 8 kategori artefak digital yang terdiri dari Identifikasi Kendaraan (VIN), tipe kendaraan, model, tahun pembuatan, serta merek, yang semuanya tersedia dan terverifikasi dalam kondisi baik, akan tetapi mobil ini belum tersedia sistem navigasi. Sehingga analisis 5w+1h memberikan kerangka untuk menganalisis dan memanfaatkan data digital kendaraan Hyundai Ioniq EV dalam konteks forensik. Data dari berbagai kategori seperti identifikasi kendaraan, sensor, dan ECU memberikan wawasan tentang riwayat, kondisi, dan pemakaian kendaraan, yang semuanya penting dalam proses investigasi. Temuan ini menegaskan bahwa *logical acquisition* adalah alternatif yang efektif dalam mengumpulkan artefak digital dari kendaraan listrik, membantu

mempercepat proses investigasi forensik tanpa mengurangi kualitas dan kelengkapan data yang diperoleh serta kemampuan mengumpulkan data yang komprehensif tanpa perlu pembongkaran fisik kendaraan.

## **5.2 Saran**

Pada penelitian ini *framework* yang digunakan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung akuisisi real-time, serta meningkatkan kemampuan untuk memulihkan artefak digital yang telah dihapus. Pengembangan perangkat lunak yang lebih canggih dan kompatibel dengan model Hyundai Ioniq 1 diharapkan dapat meningkatkan akses dan ekstraksi data dari semua modul kontrol kendaraan. Selain itu, akuisisi data secara *real-time* perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat dan terkini. Penelitian selanjutnya juga harus mengeksplorasi solusi untuk memulihkan artefak digital yang telah dihapus, serta mengembangkan alat bantu dengan antarmuka pengguna yang lebih ramah agar analisis dapat dilakukan dengan lebih efisien. Peningkatan fitur sensor pada kendaraan, termasuk sistem navigasi dan pelacakan GPS, juga penting untuk meningkatkan kualitas data yang dapat diakuisisi. Oleh karena itu diharapkan untuk penelitian berikutnya mampu melakukan akuisisi dan analisis dengan software yang lainnya sehingga dapat menampilkan informasi lebih lengkap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ademu, I. O., Imafidon, C. O., & Preston, D. S. (2011). A New Approach of Digital Forensic Model for Digital Forensic Investigation. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2(12), 175–178.
- Altschaffel, R., Lamshöft, K., Kiltz, S., & Dittmann, J. (2017). A Survey on Open Automotive Forensics. *SECURWARE 2017 : The Eleventh International Conference on Emerging Security Information, Systems and Technologies*, c, 65–70.
- Cebe, M., Erdin, E., Akkaya, K., Aksu, H., & Uluagac, S. (2018). Block4Forensic: An Integrated Lightweight Blockchain Framework for Forensics Applications of Connected Vehicles. *IEEE Communications Magazine*, 56(10), 50–57.  
<https://doi.org/10.1109/MCOM.2018.1800137>
- Določ, K., Meyer, C., Attenberger, A., & Steinberger, J. (2020). Driver identification using in-vehicle digital data in the forensic context of a hit and run accident. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 35.  
<https://doi.org/10.1016/j.fsidi.2020.301090>
- Dzaky Adira. (2018, March 27). *PENJELASAN MOBIL LISTRIK*. Binus University.  
<https://student-activity.binus.ac.id/himtek/2018/03/27/1206/>
- Franke, K., & Srihari, S. N. (2008). Computational forensics: An overview. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5158 LNCS, 1–10.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-540-85303-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-85303-9_1)
- Gomez Buquerin, K. K. (2020). *Analysis of Digital Forensics Capabilities on State-of-the-art Vehicles* (Issue June 2019). Technical University Ingolstadt.
- Gomez Buquerin, K. K., Corbett, C., & Hof, H. J. (2021a). A generalized approach to automotive forensics. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 36.  
<https://doi.org/10.1016/j.fsidi.2021.301111>
- Gomez Buquerin, K. K., Corbett, C., & Hof, H. J. (2021b). A generalized approach to automotive forensics. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 36.  
<https://doi.org/10.1016/j.fsidi.2021.301111>
- Grobler, C. P., Louwrens, C. P., & Solms, S. H. Von. (2010). A framework to guide the implementation of Proactive Digital Forensics in organizations. *International*

- Conference on Availability, Reliability and Security*, 677–682.  
<https://doi.org/10.1109/ARES.2010.62>
- Hendra, R., Yadie, E., & Arbain, A. (2021). Analisis Konsumsi Daya Mobil Listrik Dengan Penggerak Motor Brushed DC. *PoliGrid*, 2(1), 24.  
<https://doi.org/10.46964/poligrid.v2i1.721>
- Hoque, M. A., & Hasan, R. (2021). AVGuard: A Forensic Investigation Framework for Autonomous Vehicles. *IEEE International Conference on Communications, February*. <https://doi.org/10.1109/ICC42927.2021.9500652>
- Hossain, M., Hasan, R., & Zawoad, S. (2017). Trust-IoV: A trustworthy forensic investigation framework for the internet of vehicles (IoV). *Proceedings - 2017 IEEE 2nd International Congress on Internet of Things, ICIOT 2017, July*, 25–32.  
<https://doi.org/10.1109/IEEE.ICIoT.2017.13>
- Jacobs, D., Choo, K.-K. R., Kechadi, M.-T., & Le-Khac, N.-A. (2012). *Volkswagen Car Entertainment System Forensics*.
- Kopencova, D., & Rak, R. (2020, October 21). Issues of Vehicle Digital Forensics. *2020 12th International Science-Technical Conference AUTOMOTIVE SAFETY, AUTOMOTIVE SAFETY 2020*.  
<https://doi.org/10.1109/AUTOMOTIVESAFETY47494.2020.9293516>
- LECC. (2020). *Utilizing Vehicle Data in Law Enforcement Investigations*.
- NHTSA. (2022a, March 2). *NHTSA Releases 2020 Traffic Crash Data*. National Highway Traffic Safety Administration.
- NHTSA. (2022b, May 17). *Newly Released Estimates Show Traffic Fatalities Reached a 16-Year High in 2021*. National Highway Traffic Safety Administration.
- Niazi, M. A. K., Nayyar, A., Raza, A., Awan, A. U., Ali, M. H., Rashid, N., & Iqbal, J. (2013). Development of an On-Board Diagnostic (OBD) kit for troubleshooting of compliant vehicles. *ICET 2013 - 2013 IEEE 9th International Conference on Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1109/ICET.2013.6743551>
- Petar, Č., & Maravi, S. (2011). Methodological Frameworks of Digital Forensics. *9th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, 343–347.
- Prayudi, Y., Ashari, A., & Priyambodo, T. K. (2020). The Framework to Support The Digital Evidence Handling : A Case Study of Procedures for The Management of Evidence in Indonesia. *Journal of Cases in Information Technology*, 22(3), 51–71.

- Raharjo, B. (2013). SEKILAS MENGENAI FORENSIK DIGITAL. In *Sekilas Mengenai Forensik Digital Jurnal Sosioteknologi Edisi 29 Tahun* (Vol. 12).
- Saufi, N. N. C., Ab Razak, N. S. M., & Mansor, H. (2019). “Forent – Vehicle forensics for car rental system”. *ACM International Conference Proceeding Series*, 153–157. <https://doi.org/10.1145/3309074.3309101>
- Shah, J. J., & Malik, L. G. (2014). An Approach Towards Digital Forensic Framework for Cloud. *IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*, 798–801.
- Stathers, C., Al-Bayatti, A., Muhammad, M., Morden, J., Fasanmade, A., & Saeed Sharif, M. (2021). *Digital Data Extraction for Vehicles Forensic Investigation*.
- Trihandini, D. (2021). *Policy Formulation Concerning Accelerate Development of Electric Motor Vehicles*.