

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	2
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Battery Pack .....	3
2.2 Pelarian termal.....	4
2.3 Data Acquisition System (DAS) .....	4
2.4 Machine Learning.....	4
2.5 Teknologi yang Pernah Dikembangkan .....	5
<b>BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN .....</b>	<b>6</b>
3.1 Studi Literatur .....	6
3.2 Perancangan Model Sistem .....	6
3.3 Simulasi.....	7
3.4 Pembuatan Alat .....	7
3.5 Pengujian dan Evaluasi Alat .....	8
3.6 Pembuatan Laporan.....	8
<b>BAB 4. BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN.....</b>	<b>8</b>
4.1 Anggaran Biaya.....	8
4.2 Jadwal Kegiatan .....	8
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>10</b>
Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota, Biodata Dosen Pembimbing .....	10
Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan .....	18
Lampiran 3. Susunan Organisasi Tim Pelaksana dan Pembagian Tugas.....	20
Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Pelaksana.....	21
Lampiran 5. Gambaran Teknologi yang akan Dikembangkan.....	22

## **DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar 1.1</b> Presentase Penjualan Kendaraan Listrik di Pasar Global .....	1
<b>Gambar 2.1</b> Battery Pack dengan Konfigurasi Sel Lithium-ion Prismatic .....	3
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Tahap Pelaksanaan .....	5
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Cara Kerja Alat .....	6
<b>Gambar 3.3</b> Rancangan Desain Alat.....	7

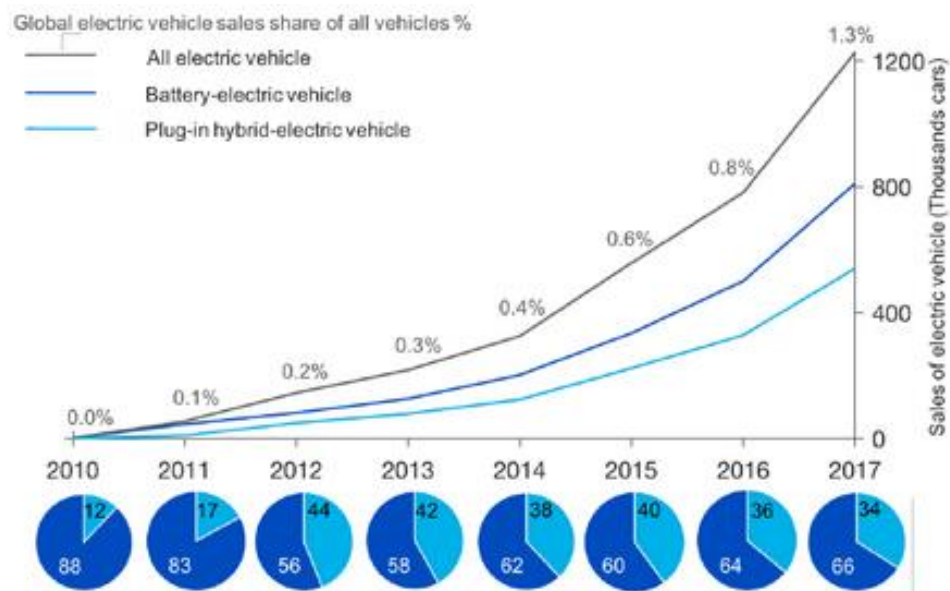
## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 2.1</b> Kelebihan dan Kekurangan Teknologi yang Sudah Dikembangkan....	4
<b>Tabel 4.1</b> Anggaran Biaya .....	8
<b>Tabel 4.2</b> Jadwal Kegiatan .....	8

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam satu dekade terakhir, penggunaan kendaraan listrik terus mengalami peningkatan secara signifikan. Hal ini ditandai dengan stok global kendaraan listrik mencapai lebih dari 5 juta unit pada 2018 dan menunjukkan peningkatan sebesar 63% dari tahun 2017 (Wirabrata, 2019). Peningkatan penggunaan kendaraan listrik ini didorong oleh perkembangan teknologi baterai lithium-ion (li-ion), dimana baterai ini merupakan jenis baterai paling banyak diaplikasikan di kendaraan listrik saat ini (Iclodean et al., 2017). Namun, penggunaan jenis baterai berenergi tinggi ini menimbulkan masalah keamanan bagi kendaraan listrik karena mempunyai potensi kebakaran yang tinggi. Tercatat ada 15 kejadian kasus kebakaran mobil listrik pada 2018 dan penyebab kejadian kebakaran tersebut didominasi oleh keadaan pelarian termal pada baterai (Sun et al., 2020).



**Gambar 1.1** Presentase Penjualan Kendaraan Listrik di Pasar Global (Sun et al., 2020)

Keadaan pelarian termal ditandai dengan adanya defisit evakuasi energi jika dibandingkan dengan akumulasi energi dalam sel baterai. Seiring naiknya temperatur baterai hingga melampaui batas tertentu, reaksi kimia eksotermik dalam sel menjadi semakin cepat sehingga menyebabkan kenaikan temperatur baterai yang lebih tinggi lagi (Nguyen et al., 2019). Pelarian termal dapat dipicu oleh perlakuan tidak sesuai pada sistem mekanik, elektrik, atau termal baterai serta pelibatan proses fisika dan kimia kompleks pada baterai, mulai dari proses dekomposisi material elektrode hingga proses pembakaran gas yang bersifat *flammable* (Chen et al., 2020).

Kerusakan yang diakibatkan oleh pelarian termal baterai dapat menyebabkan umur baterai menjadi singkat (Zhou et al., 2017). Panas ini juga dapat berpindah ke komponen di sekitarnya dan mengganggu kerja dari komponen tersebut. Pelarian termal juga dapat menghancurkan kestabilan struktur dari baterai.

Hancurnya kestabilan struktur dari baterai ini dapat menimbulkan timbulnya gas beracun, kebakaran, atau bahkan ledakan (Ren et al., 2019). Resiko-resiko kegagalan ini berpotensi untuk menyebabkan cedera parah atau bahkan kematian bagi pengendara mobil.

Beberapa teknologi telah dikembangkan untuk menghindari peristiwa pelarian termal. Teknologi ini dikembangkan menggunakan metode yang beragam, mulai dari pemantauan menggunakan sensor gas sampai menggabungkan sensor *resistance temperature detector* (RTD) pada baterai li-ion. Kedua teknologi ini dikembangkan untuk menghindari kecelakaan akibat panasnya baterai li-ion. Akan tetapi, kedua teknologi ini tidak efektif dalam penghindaran pelarian termal karena pendeteksian pelarian termal yang terlambat atau prediksi yang tidak bisa diandalkan. Untuk itu, solusi lain yang dapat dipercaya untuk memprediksi pelarian termal diperlukan untuk meningkatkan keamanan berkendara (Liao et al., 2019).

Berdasarkan permasalahan tersebut, beberapa parameter sel baterai harus dipantau setiap saat. Pemantauan dilakukan dengan melakukan akuisisi data secara *real-time*. Data yang terkumpul akan dihimpun untuk membentuk model prediksi karakteristik sistem baterai. Dalam perumusannya, untuk mendapatkan model besaran temperatur, dibutuhkan pula variabel terikat berupa tegangan dan arus *battery pack*. Nilai *real-time* dari variabel ini diambil sensor dan dikumpulkan untuk membentuk pola prediktif menggunakan *machine learning*. Metode *machine learning* yang digunakan adalah metode *neural network* berbasis data. Fungsi prediktif yang dihasilkan dapat membantu pendeteksian potensi pelarian termal dan pengambilan aksi oleh pengendara atau mobil.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan fokus di atas, rumusan masalah dalam Program Kreativitas Mahasiswa - Karsa Cipta (PKM-KC) adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara merancang dan menciptakan alat yang mampu memprediksi peristiwa pelarian termal pada battery pack mobil listrik dengan sistem akuisisi data berbasis machine learning?
2. Bagaimana cara meningkatkan keamanan penggunaan battery pack dalam mobil listrik?

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dalam PKM-KC ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan menciptakan alat yang mampu memprediksi peristiwa pelarian termal pada battery pack mobil listrik dengan sistem akuisisi data berbasis machine learning?
2. Meningkatkan sistem keamanan mobil listrik dengan penerapan alat prediksi peristiwa pelarian termal pada battery pack?

## 1.4 Luaran yang Diharapkan

Luaran yang akan diharapkan dari PKM-KC ini adalah

1. Terciptanya alat prediksi pelarian termal *battery pack* mobil listrik dengan

sistem akuisisi data berbasis *machine learning*.

2. Laporan kemajuan, laporan akhir, dan catatan harian pelaksanaan PKM-KC.
3. Artikel ilmiah “Prediksi Pelarian termal pada Battery Pack Mobil Listrik dengan Sistem Aktuisisi Data Berbasis Machine Learning sebagai Upaya Peningkatan Keamanan Berkendara.”

### 1.5 Manfaat

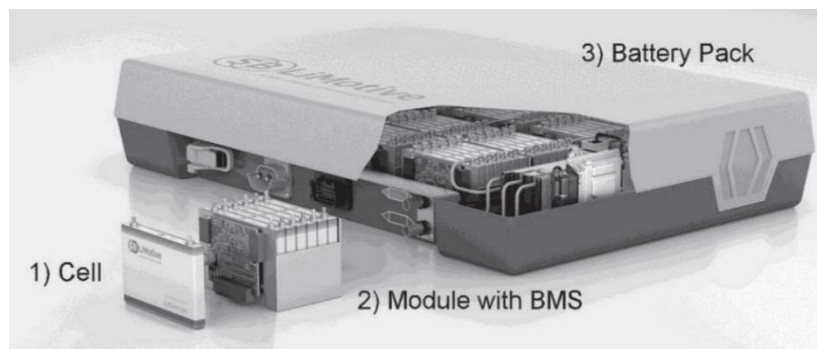
Manfaat PKM-KC ini, yaitu

1. Bagi perkembangan IPTEK, menjadi inovasi sistem prediksi dan pengaman otomatis pada battery pack mobil listrik melalui pembuatan model data *trial* berbasis *machine learning*.
2. Bagi pengendara mobil listrik, alat prediksi dan pengaman otomatis pada battery pack mobil listrik berbasis *machine learning* ini diharapkan dapat menghindarkan pengendara dari cedera atau kecelakaan
3. Bagi teknisi mobil, alat prediksi ini menjadi fitur tambahan yang dapat diintegrasikan pada pembuatan desain mobil listrik.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Battery Pack

*Battery pack* merupakan bentuk terakhir dalam sistem baterai konfigurasi *pack-module-cell* yang umum digunakan dalam industri baterai untuk mobil listrik (Zwicker et al., 2020). *Battery cell* atau *cell* adalah unit penyimpanan energi terkecil dalam keseluruhan sistem baterai. Kumpulan beberapa *battery cell* yang dirangkai secara seri atau paralel disebut sebagai *battery module* atau *module*. Kumpulan beberapa *module* kemudian disusun bersama dengan *battery management system* sebagai fitur keamanan menjadi sebuah *battery pack*. (Maiser, 2014).



**Gambar 2.1** Battery Pack jenis Lithium-ion Prismatic (Maiser, 2014)

Pada perancangan ini digunakan baterai jenis *lithium-ion*. Baterai *lithium-ion* merupakan baterai sekunder yang dapat diisi ulang. Keunggulan dari penggunaan *lithium-ion* ini ialah baterai tidak mengandung bahan yang berbahaya seperti NI-Cd dan Ni-MH sehingga lebih ramah lingkungan. Selain itu, stabilitas penyimpanan energi baterai sangat baik dan memiliki daya tahan diatas sepuluh tahun, memiliki energi dengan densitas tinggi, tidak memiliki memori efek, serta massa baterai lebih ringan dibandingkan jenis baterai sekunder lainnya namun dapat menghasilkan energi yang sama (Perdana, 2020).

## 2.2 Pelarian termal

Pelarian termal adalah reaksi berantai pada sistem baterai ketika temperatur yang melebihi batas menyebabkan kenaikan temperatur yang jauh lebih besar dan seterusnya hingga kerusakan atau ledakan terjadi. Pelarian termal yang terjadi pada satu baterai dapat menyebabkan pelarian termal pada keseluruhan *battery pack* (Wang et al., 2021). Pelarian termal merupakan bahaya utama dalam penggunaan baterai jenis litium-ion (Wang et al., 2022). Fenomena ini disebabkan oleh kenaikan temperatur dengan kecepatan  $10^{\circ}\text{C}$  per menit atau lebih yang dipicu oleh reaksi eksotermik pada temperatur tinggi (Łebkowski, 2017). Pelarian termal pada *battery cell* jenis *lithium-ion* diawali dengan *solid electrolyte interface (SEI) film* pada anoda yang terdekomposisi dan menghasilkan panas sebesar  $60\text{--}110^{\circ}\text{C}$ . Kemudian, elektrolit akan bereaksi dengan anoda ketika temperatur mencapai  $120\text{--}230^{\circ}\text{C}$ . Ketika temperatur naik hingga menyentuh angka  $230^{\circ}\text{C}$ , membran pembatas anoda dan katoda meleleh yang menyebabkan katoda, *binder*, dan elektrolit terdekomposisi sehingga menghasilkan panas yang sangat besar (Wang et al., 2021).

## 2.3 Data Acquisition System (DAS)

*Data acquisition system* adalah sistem akuisisi data yang melibatkan pengumpulan data analog dari keadaan fisik di dunia nyata menjadi data digital melalui perangkat keras dan lunak untuk kepentingan penyimpanan, analisis, dan prediksi. *Data acquisition system* menyediakan pengukuran dengan tingkat akurasi tinggi (Shah and Bhingarkar, 2011). Dengan menggunakan *data acquisition system*, data dapat diperoleh secara *real time* untuk kepentingan *failure analysis* ataupun optimasi sistem kontrol dalam industri proses (Sankar et al., 2017).

Proses akuisisi data diawali dengan penerimaan data analog oleh kumpulan sensor. Data analog tersebut kemudian diubah menjadi sinyal digital menggunakan *Analog to Digital Converter (ADC)* agar dapat diolah oleh mikroprosesor. Mikroprosesor digunakan untuk mengatur keseluruhan proses, termasuk dalam pengiriman sinyal digital ke *Single Board Computer (SBC)* setelah melakukan filter digital untuk penghilangan *noise*. SBC bekerja layaknya komputer dimana perangkat lunak bekerja dalam melakukan proses penyimpanan dan analisis (Sankar et al., 2017). Mikroprosesor yang digunakan ialah raspberry pi. Raspberry pi adalah salah satu jenis SBC dengan tingkat fleksibilitas yang tinggi, bentuk yang ramping, harga ekonomis, proses akuisisi data yang cepat, serta fleksibel untuk pengembangan lebih lanjut seperti penambahan sensor atau perangkat-perangkat kasar lainnya (Ambrož, 2017).

## 2.4 Machine Learning

*Machine learning* merupakan penerapan algoritma matematika dalam aplikasi komputer yang mempelajari kumpulan data untuk menghasilkan prediksi di masa yang akan datang. Salah satu metode *machine learning* yang diterapkan dalam perancangan ini ialah *neural network*. Metode ini dapat melakukan *clustering* data

dari *input* sensor melalui beberapa lapisan network (Mishra & Gupta, 2017). Pada perancangan ini tingkatan resiko keamanan dari mobil listrik dikelompokkan berdasarkan tegangan per sel, suhu, dan arus pada *battery pack*.

## 2.5 Teknologi yang Pernah Dikembangkan

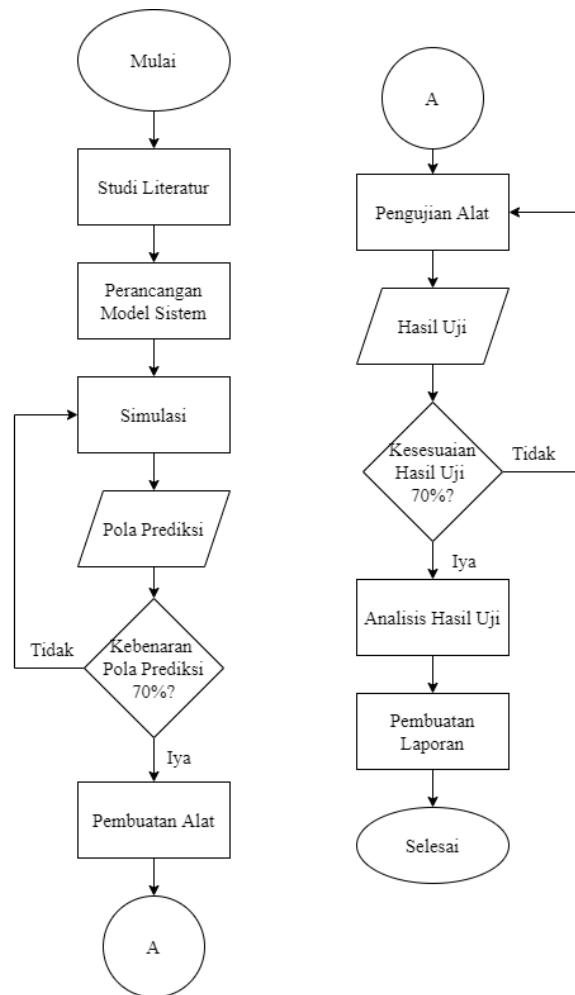
Teknologi yang pernah dikembangkan untuk memantau kondisi pelarian termal pada kendaraan listrik ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

**Tabel 2.1** Kelebihan dan Kekurangan Teknologi yang Sudah Dikembangkan

Teknologi	Kelebihan	Kekurangan
RTD sensor embedded lithium-ion (Liao et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temperatur internal yang diukur bernilai 5,8°C lebih tinggi dari nilai asli</li> <li>▪ Memantau resistansi internal dan temperatur internal baterai secara <i>real-time</i></li> <li>▪ Dimensi sensor yang kecil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hanya mengandalkan pengukuran temperatur berlebih untuk mendeteksi pelarian termal</li> <li>▪ Tidak dapat membedakan kasus <i>overcharge</i>, <i>overdischarge</i>, dan <i>external short-circuit</i></li> <li>▪ Hanya mengandalkan pengukuran dari variabel temperatur</li> </ul>
Metode monitoring sensor gas (Liao et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Akurasi yang tinggi</li> <li>▪ Mudah untuk disambungkan dengan BMS mobil</li> <li>▪ Sederhana, mudah diimplementasikan, dan terjangkau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tidak mampu membaca pola atau tren dari pelarian termal</li> <li>▪ Mendeteksi pelarian termal saat gas akibat panas mulai bermunculan</li> <li>▪ Tidak dapat memprediksi keadaan baterai</li> <li>▪ Berpotensi menerima kesalahan pembacaan akibat interferensi antar gas</li> </ul>
Inovasi dan prediksi hasil alat: <ul style="list-style-type: none"> <li>❑ Metode prediksi yang didasarkan pada model pengamatan hasil simulasi berbasis <i>machine learning</i></li> <li>❑ Memantau 3 variabel secara <i>real-time</i>, yaitu temperatur, arus, dan tegangan</li> <li>❑ Pemantauan data menggunakan mikroprosesor raspberry pi 4 berkecepatan tinggi</li> <li>❑ Indikator audio <i>buzzer</i> bagi pengendara untuk melakukan aksi pengaman</li> </ul>		

### BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan pembuatan alat dilakukan sesuai dengan alur yang tertera pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Tahap Pelaksanaan (Dokumen Pribadi)

#### 3.1 Studi Literatur

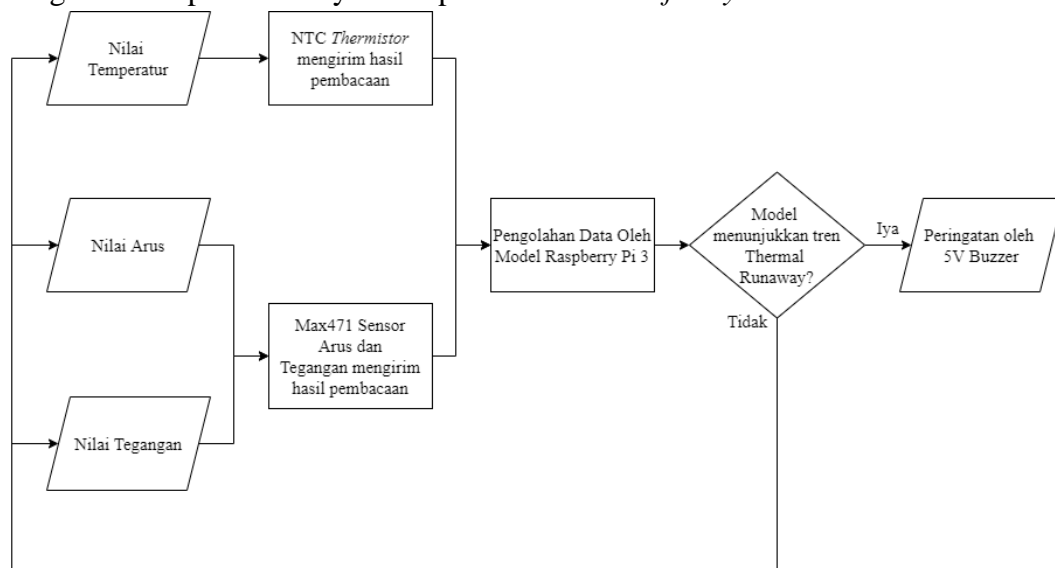
Dalam pengembangan konsep dasar dari ide yang sudah didapat, dilakukan studi literatur secara daring. Topik dari studi literatur ialah pengaruh fenomena pelarian termal pada *battery pack* di mobil listrik, proses pengambilan data dengan sistem data akusisi, pengolahan data dengan metode *neural network* untuk memprediksi resiko, teknologi prediksi pelarian termal yang sudah dikembangkan untuk peningkatan keamanan berkendara.

#### 3.2 Perancangan Model Sistem

Perancangan model sistem mencakup perancangan model dinamis *battery pack* untuk disimulasikan pada setiap siklus baterai. Model dinamis dirancang menggunakan modul hardware pada Simulink, seperti baterai li-ion, sensor, dan *microprocessor*. Model algoritma *neural network* dinamis dirancang sedemikian hingga dapat memberikan prediksi output klasifikasi kondisi pelarian termal dari input-input yang diberikan. Sistem *battery pack* juga dirancang agar mampu menghasilkan data-data simulasi fisis seperti tegangan, arus, dan suhu baterai pada



tiap siklusnya. Satu siklus mencakup satu kali *charging* dan satu kali *discharging*. Simulasi dilakukan pada kondisi *faulty* (ketika terjadi pelarian termal) sesuai dengan beberapa kriterianya serta pada kondisi *non-faulty*.



**Gambar 3.2** Diagram Cara Kerja Alat (Dokumen Pribadi)

### 3.3 Simulasi

Simulasi model sistem dilakukan menggunakan *software* simulasi dinamis Matlab Simulink. Skenario simulasi dibuat agar *battery pack* mengalami sepuluh kali siklus, sehingga data simulasi tegangan, arus, dan suhu dapat diperoleh. Data-data pada keseluruhan siklus digunakan untuk melakukan *training* pada model *neural network* yang telah dibuat. Untuk menentukan performansi model hasil *training*, maka perhitungan akurasi model dilakukan. Indikator keberhasilan pengambilan data simulasi yang ingin dicapai adalah akurasi dan presisi data yang dihasilkan bila dibandingkan kondisi sebenarnya secara teoritis mencapai 70%.

### 3.4 Pembuatan Alat

Dalam pembuatan alat ini, langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Pembuatan perangkat yang terdiri dari sensor temperatur, sensor arus, sensor tegangan, raspberry pi 4, dan *buzzer*.
2. Pembuatan pengolah data yang masuk dari sensor berupa program pada mikroprosesor raspberry pi 4.
3. Pengaplikasian model *machine learning* pada alat.
4. Pembuatan program indikasi peristiwa pelarian termal menggunakan indikator *buzzer* pada mikroprosesor raspberry pi 4.
5. Integrasi perangkat dengan sistem *monitoring* mobil.
6. Manufaktur *frame* alat dengan *box* akrilik bening yang berisikan perangkat-perangkat elektronik yang telah disusun.

Berikut adalah gambaran desain alat yang akan dikembangkan untuk melakukan prediksi pelarian termal pada kendaraan listrik beserta susunan komponen-komponen elektronik yang telah digagas.



**Gambar 3.3** Rancangan Desain Alat (Dokumen Pribadi)

### 3.5 Pengujian dan Evaluasi Alat

Pengujian dan evaluasi alat dilakukan setelah melalui tahap simulasi menggunakan *software* Matlab Simulink. Pada tahap ini akan diuji dan dinilai sistem kerja alat secara langsung pada kendaraan. Alat akan diimplementasikan langsung pada kendaraan listrik Anargya Mark 2.0 besutan tim Anargya ITS sebagai tim mobil listrik Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Indikator keberhasilan kerja alat dinilai dari kecocokan antara implementasi pada Anargya Mark 2.0 dengan data secara teoritis dengan data yang didapatkan saat pengujian sebesar 70%.

Ketercapaian akurasi dan presisi hasil pengujian pada Anargya Mark 2.0 ditargetkan sama dengan hasil pada simulasi *software* Matlab Simulink. Selain itu, indikator pengujian lainnya adalah terkalibrasinya akuisisi data alat dengan hasil pembacaan sistem yang telah terstandarisasi.

### 3.6 Pembuatan Laporan

Laporan kemajuan dan akhir disusun setelah pelaksanaan evaluasi alat sehingga hasil yang dipaparkan mampu menjelaskan keseluruhan proses dan analisis data yang diperoleh. Hasil akhir dari laporan berupa artikel ilmiah PKM-KC juga akan dipublikasikan pada jurnal *World Electric Vehicle Journal*.

## BAB 4. BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN

### 4.1 Anggaran Biaya

Adapun anggaran biaya PKM ini dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4.1** Anggaran Biaya

No	Jenis Pengeluaran	Sumber Dana	Besaran Dana (Rp)
1	Bahan Habis Pakai	Belmawa	4.500.000,00
		Perguruan Tinggi	138.00,00
		Instansi Lain	-
2	Sewa dan Jasa	Belmawa	650.000,00
		Perguruan Tinggi	142.500,00
		Instansi Lain	-
3	Transportasi lokal	Belmawa	630.000,00

		Perguruan Tinggi	764.500,00
		Instansi Lain	-
4	Lain-lain	Belmawa	420.000,00
		Perguruan Tinggi	605.000,00
		Instansi Lain	-
Jumlah			8.650.000,00
Rekap Sumber Dana		Belmawa	6.200.000,00
		Perguruan Tinggi	1.650.000,00
		Instansi Lain	-
		Jumlah	7.850.000,00

#### 4.2 Jadwal Kegiatan

Adapun jadwal pelaksanaan PKM ini dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2** Jadwal Kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Bulan												Penanggungjawab
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Studi Literatur	■	■											Ariel Jonathan
2	Perancangan Model Sistem		■	■	■									Novandion Rafly Kurniawan
3	Simulasi			■	■	■								Novandion Rafly Kurniawan
4	Pembuatan Alat					■	■	■	■	■				Muhammad Rayhan Rafy
5	Pengujian dan Evaluasi Alat								■	■	■	■	■	Muhammad Faris Zuhairi
6	Pembuatan Laporan											■	■	Frecia Elrivia Mardianto

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ambrož, M., 2017. Raspberry Pi As a Low-Cost Data Acquisition System For Human Powered Vehicles. Meas. J. Int. Meas. Confed. 100, 7–18. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.12.037>
- Chen, H., Buston, J.E.H., Gill, J., Howard, D., Williams, R.C.E., Rao Vendra, C.M., Shelke, A., Wen, J.X., 2020. An experimental study on thermal runaway characteristics of lithium-ion batteries with high specific energy and prediction of heat release rate. J. Power Sources 472, 228585. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228585>
- Iclodean, C., Varga, B., Burnete, N., Cimerdean, D., Jurchiş, B., 2017. Comparison of Different Battery Types for Electric Vehicles. IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 252. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/252/1/012058>
- Łebkowski, A., 2017. Temperature, Overcharge and Short-Circuit Studies of

- Batteries used in Electric Vehicles. *Prz. Elektrotechniczny* 93, 67–73.  
<https://doi.org/10.15199/48.2017.05.13>
- Liao, Z., Zhang, S., Li, K., Zhang, G., Habetler, T.G., 2019. A Survey of Methods For Monitoring and Detecting Thermal Runaway of Lithium-ion Batteries. *J. Power Sources* 436, 226879. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.226879>
- Maiser, E., 2014. Battery packaging - Technology review. *AIP Conf. Proc.* 1597, 204–218. <https://doi.org/10.1063/1.4878489>
- Nguyen, T.T.D., Abada, S., Lecocq, A., Bernard, J., Petit, M., Marlair, G., Grugeon, S., Laruelle, S., 2019. Understanding the thermal runaway of ni-rich lithium-ion batteries. *World Electr. Veh. J.* 10. <https://doi.org/10.3390/wevj10040079>
- Perdana, F.A., 2020. Baterai Lithium. *INKUIRI J. Pendidik. IPA* 9, 113. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i2.50082>
- Ren, D., Feng, X., Lu, L., He, X., Ouyang, M., 2019. Overcharge Behaviors and Failure Mechanism of Lithium-ion Batteries Under Different Test Conditions. *Appl. Energy* 250, 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.05.015>
- Sankar, A.M., Devaraju, T., Kumar, M.V., Sudharshan, P., 2017. Design of High Accurate Data Acquisition System for Real Time Monitoring of Power Grid. *Int. J. Sci. Res. Publ.* 7, 610–615.
- Shah, H., Bhingarkar, P.S., 2011. Data-Acquisition Data Analysis and Prediction Model for Share Market. *Int. J. Comput. Sci. Issues* 8, 530–534.
- Sun, P., Bisschop, R., Niu, H., Huang, X., 2020. A Review of Battery Fires in Electric Vehicles, *Fire Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>
- Wang, Z., Chen, S., He, X., Wang, C., Zhao, D., 2022. A multi-factor evaluation method for the thermal runaway risk of lithium-ion batteries. *J. Energy Storage* 45, 103767. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103767>
- Wang, Z., He, T., Bian, H., Jiang, F., Yang, Y., 2021. Characteristics of and factors influencing thermal runaway propagation in lithium-ion battery packs. *J. Energy Storage* 41, 102956. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102956>
- Wirabrata, A., 2019. Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik di Indonesia. *Pus. Penelit. Badan Keahlian DPR RI* 9, 19–24.
- Zhou, C., Guo, Y., Huang, W., Jiang, H., Wu, L., 2017. Research on Heat Dissipation of Electric Vehicle Based on Safety Architecture Optimization. *J. Phys. Conf. Ser.* 916, 0–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/916/1/012036>
- Zwicker, M.F.R., Moghadam, M., Zhang, W., Nielsen, C. V., 2020. Automotive battery pack manufacturing – a review of battery to tab joining. *J. Adv. Join. Process.* 1, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.jajp.2020.100017>

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota, Biodata Dosen Pendamping

#### 1. Biodata Ketua

##### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Muhammad Rayhan Rafy
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Teknik Elektro
4	NIM	5022201179
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Padang, 6 Maret 2002
6	Alamat E-mail	<a href="mailto:rafy.205022@gmail.com">rafy.205022@gmail.com</a>
7	Nomor Telepon/HP	082174389543

##### B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status Dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Anargya ITS EV Team	Staff Electrical Safety	2022, Surabaya

##### C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

No	Jenis Kegiatan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1			
2			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC

Surabaya, 15 Maret 2022

Ketua



(Muhammad Rayhan Rafy)

## 2. Biodata Anggota 1

### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Muhammad Faris Zuhairi
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	S1 Teknik Elektro
4	NIM	07111940000164
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Gresik, 14 Maret 2001
6	Alamat E-mail	faris.19071@mhs.its.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	082143459880

### B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status Dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Anargya ITS Team	Staff Electrical Safety	2020-2022, ITS
2	Lab. Pengaturan dan Otomasi	Asisten Laboratorium	2021-2022, ITS

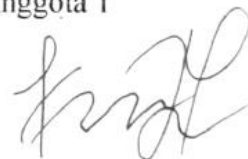
### C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

No	Jenis Kegiatan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	-	-	-
2	-	-	-

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC

Surabaya, 15 Maret 2022

Anggota 1



(Muhammad Faris Zuhairi)

#### 4. Biodata Anggota 3

##### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Ariel Jonathan
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	S1 Teknik Elektro
4	NIM	5022201112
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Tangerang, 18 September 2002
6	Alamat E-mail	arieljonathan.205022@mhs.its.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	089678450530

##### B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status Dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Keorganisasian Anargya ITS Team	Divisi nonteknik, Subdivisi <i>sponsorship</i>	2021, ITS
2	Keorganisasian Anargya ITS Team	Divisi nonteknik, Subdivisi <i>public relation</i>	2022, ITS
3	FSEV 2021	Peserta, penulis dokumen <i>procurement</i>	Juli 2021 - Agustus 2021, Daring

##### C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

No	Jenis Kegiatan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	-	-	-
2	-	-	-

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC

Surabaya, 15 Maret 2022  
Anggota Tim



(Ariel Jonathan)



#### 4. Biodata Anggota 3

##### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Frecia Elrivia Mardianto
2	Jenis Kelamin	Perempuan
3	Program Studi	Teknik Fisika
4	NIM	5009201134
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Bandung, 21 Februari 2002
6	Alamat E-mail	freciamardianto.205009@mhs.its.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	085230422108

##### B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status Dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Anargya ITS Electric Vehicle Team	Public Relation Officer	2022, ITS
2	Laboratorium Rekayasa Fotonika ITS	Asisten Laboratorium dan Staff Divisi Maintenance	2022, Teknik Fisika ITS
3	The Optical Society (OSA) ITS	Anggota Aktif	2022, ITS
4	Society of Petroleum Engineers (SPE) ITS	Staff Public Relation Subdivisi Jurnalistik	2022, ITS
5	ITS Online	Reporter dan Penulis	2022, ITS
6	International Seminar on Photonics, Optics, and its Applications (ISPhOA)	Staff Desain	2022, ITS
7	Basic Media Schooling (BMS)	Pemateri	2021, ITS
8	ITS Model United Nation (MUN) Club	Anggota Aktif	2021, ITS

##### C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

No	Jenis Kegiatan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Finalis Red Scientific Competition (RSC)	BEM Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem (FTIRS) ITS	2021
2	Penerima Insentif PKM-GT	Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemdikbudristek)	2021



3	27 Tim Terbaik Kemah Budaya Kaum Muda (KBKM) Regional VII Kategori Prototipe	Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud)	2021
---	--	---	------

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan **PKM-KC**.

Surabaya, 15 Maret 2022  
Anggota Tim



Frecia Elrivia Mardianto

## 5. Biodata Anggota 4

### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Novandion Rafly Kurniawan
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Teknik Fisika
4	NIM	02311940000010
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Tulungagung, 9 November 2000
6	Alamat E-mail	rafly.19023@mhs.its.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	082230002654

### B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status Dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Anargya ITS Formula Team	Manager Divisi Elektrik	Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2021-2022
2	Laboratorium Instrumentasi, Kontrol, dan Optimisasi	Asisten Laboratorium	Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

### C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

No	Jenis Kegiatan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1			
2			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC

Surabaya, 15 Maret 2022

Anggota 4



(Novandion Rafly Kurniawan)

## 6. Biodata Dosen Pendamping

### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Teknik Fisika
4	NIP/NIDN	196208221988031001
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Kediri, 22 Agustus 1962
6	Alamat E-mail	padarwito@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	0811348113

### B. Riwayat Pendidikan

Gelar Akademik	Sarjana	S2/Magister	S3/Doktor
Nama Instansi	ITS Surabaya	Universitas Indonesia	ITS Surabaya
Jurusan/Prodi	Teknik Fisika	Ilmu Komputer	Teknik Elektro
Tahun Masuk-Lulus	1981 - 1987	1989 - 1992	2007 - 2013

### C. Rekam Jejak Tri Dharma PT

#### C.1. Pendidikan/Pengajaran

No	Nama Mata Kuliah	Wajib/Pilihan	SKS
1	Pemrograman Komputer	Wajib	2
2	Rangkaian Listrik	Wajib	3
3	Elektronika	Wajib	3
4	Pemodelan Sistem Dinamik	Wajib	3
5	Sistem Pengendalian Otomatik	Wajib	3
6	Sinyal dan Sistem	Wajib	3
7	Pemrosesan Sinyal	Wajib	2
8	Sensor dan Transmitter	Wajib	2

#### C.2. Penelitian

No	Judul Penelitian	Penyandang Dana	Tahun
1	Disain Dan Analisis Inverter Buck-Boost Tiga Fasa Dengan dan Tanpa Induktor Penyangga Sebagai Penggerak Motor Induksi Pada Mobil Listrik	BOPTN ITS	2012
2	Hibah Penelitian Dalam Rangka Pengembangan Pelaksanaan Pengembangan Mobil Listrik Nasional (MOLINA) : RANCANG BANGUN SISTEM PROPULSI DAN KONTROL	APBN	2013
3	Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi : Rancang Bangun Sistem Kontrol Fuzzy Sliding Mode Pada Inverter Buck-Boost Tiga Fasa Dengan Induktor Penyangga (IBBTF-IP PadSMhp) Sebagai Penggerak Mobil Listrik	BOPTN ITS	2015, 2016, dan 2017

	Algoritma Kontrol Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) Berbasis Wireless Sensor And Actuator Network (WSAN)		
5	RANCANG BANGUN PROTOTYPE KONTROLER BALANCING ROTOR PADA UAV DAN ROV BERBASIS ALGORITMA ADAPTIVE PID	Dana ITS	2020
6	Rancang Bangun Sistem Elektro-Mekanik Tiga Sumbu (EMTS) Berbasis Kendali Mikroelektronik Sebagai Peraga Praktikum Di Laboratorium Instrumentasi, Kontrol, Dan Optimisasi (IKO) Teknik Fisika - ITS	Dana ITS	2021

### C.3. Pengabdian Kepada Masyarakat

No	Judul Pengabdian kepada Masyarakat	Penyandang Dana	Tahun
1			
2			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC

Surabaya, 15 Maret 2022

Pembimbing,



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.  
NIP. 196208221988031001

**Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan (PEMBAGIAN TIAP POIN DI PEDOMAN)**

No	Jenis Pengeluaran	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
1	Belanja Bahan			
	Raspberry Pi 3 Model B <i>Board</i>	1 buah	1.000.000,00	1.000.000,00
	Power Supply Adaptor Original Raspberry Pi High Power Real 5V 3A	1 buah	190.000,00	190.000,00
	Raspberry Pi <i>cooling fan</i>	1 buah	158.000,00	158.000,00
	TetherPlus 2 meter <i>High Speed Micro</i> HDMI to HDMI	1 buah	178.000,00	178.000,00
	Raspberry Pi 3 Metal Case ARMOR Aluminium Alloy Enclosure	1 buah	161.900,00	161.900,00
	MCC 118/128: <i>Voltage Measurement</i> DAQ HAT <i>for</i> Raspberry Pi	1 buah	500.000,00	500.000,00
	NITECORE 18650 <i>Rechargeable Li-ion</i> Battery 3400mAh 3.7V - NL1834 - Black/yellow	4 buah	240.000,00	960.000,00
	NITECORE <i>Charger</i> Baterai 18650 4 Slot Li-ion NiMH	1 buah	520.000,00	520.000,00
	XL4015 DC-DC <i>Step Down Buck Converter</i>	2 buah	17.000,00	34.000,00
	<i>Active Buzzer Module</i> 5V <i>Blocks</i>	1 buah	25.000,00	25.000,00
	NTC <i>Thermistor Thermal Module</i> Sensor Suhu	2 buah	29.800,00	59.600,00
	Max471 Modul Sensor	1 buah	123.500,00	123.500,00

	Pendeteksi Tegangan dan Arus			
	Kotak Akrilik Bening Tebal 3mm 18cmx38cmx15cm	1 buah	225.000,00	225.000,00
	Motor DC 775, 12-24V, 6500RPM	1 buah	92.000,00	92.000,00
	<i>Brushed Waterproof ESC 360A Electronic Speed Controller</i>	1 buah	245.000,00	245.000,00
	Heatsink Aluminium 100x25mm	3 buah	17.000,00	51.000,00
	Timah Solder 100 gr, 0.8 mm	2 roll	35.000,00	70.000,00
	Pita Solder Pembersih 1,5 m dan Tebal 2mm	1 roll	17.000,00	17.000,00
	Kabel Serabut AWG 24 Panjang 20m	1 roll	28.000,00	28.000,00
<b>SUB TOTAL</b>				4.638.000,00
2	Belanja Sewa dan Jasa			
	Jasa Manufaktur <i>Body</i> Alat	1 kali	575.500,00	575.500,00
	Jasa Cetak <i>Printed Circuit Board</i> 10 x 10 cm	4 kali	54.250,00	217.000,00
<b>SUB TOTAL</b>				792.500,00
3	Perjalanan Lokal			
	Perjalanan Pembelian Alat dan Bahan (Pertalite)	12 Liter	7.650,00	91.800,00
	Biaya Pengiriman Alat dan Bahan yang dibeli secara <i>Online</i> (Paket Hemat)	15 kali	16.300,00	244.500,00
	Perjalanan ke Penyedia Jasa Manufaktur <i>Body</i> Alat (Pertalite)	5 Liter	7.650,00	38.250,00
	Perjalanan ke Penyedia Jasa Cetak <i>Printed Circuit Board</i>	3 Liter	7.650,00	22.950,00

	(Pertalite)			
	Transportasi Selama Tahap Pengerjaan dan Evaluasi Alat Masing-Masing Anggota Dalam 4 Bulan	25 Liter	7.650,00	191.250,00
	Biaya pengangkutan Mobil Listrik Anargya Mark 2.0 ke Sirkuit Gelora Bung Tomo (GBT) Surabaya Untuk Pengujian Alat Secara Langsung	2 kali	402.875,00	402.875,00
<b>SUB TOTAL</b>				1.394.500,00
4	Lain – lain			
	Masker KN95 (50 pcs)	1 box	50.000,00	50.000,00
	Nuvo <i>Hand Sanitizer</i> 250 ml	1 buah	25.000,00	25.000,00
	Biaya Publikasi Ilmiah pada jurnal <i>World Electric Vehicle Journal</i>	1 kali	950.000,00	950.000,00
<b>SUB TOTAL</b>				1.025.000,00
<b>GRAND TOTAL</b>				7.850.000,00
<b>GRAND TOTAL (Delapan Juta Enam Ratus Lima Puluh Ribu Rupiah)</b>				

**Lampiran 3. Susunan Organisasi Tim Pelaksana dan Pembagian Tugas**

<b>No.</b>	<b>Nama/NIM</b>	<b>Progra m Studi</b>	<b>Bidang Ilmu</b>	<b>Alokasi Waktu (jam/mingg u)</b>	<b>Uraian Tugas</b>
1	Muhammad Rayhan Rafy / 5022201179	S1	Teknik Elektro	10 jam/minggu	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Koordinasi dengan anggota tim.</li> <li>b. Membuat desain 3D dari gagasan</li> <li>c. Merancang. pengaplikasian model sistem.</li> <li>d. Menyusun bagian gagasan.</li> </ul>
2	Muhammad Faris Zuhairi / 07111940000164	S1	Teknik Elektro	10 jam/minggu	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Mencari data mengenai teknologi yang pernah ada.</li> <li>b. Menyusun rancangan. evaluasi sistem kerja alat dan hasil pengujian.</li> <li>c. Menyusun bagian gagasan.</li> </ul>
3	Ariel Jonathan / 5022201112	S1	Teknik Elektro	10 jam/minggu	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Menyusun bagian pendahuluan.</li> <li>b. Mencari data pelarian termal.</li> <li>c. Mencari data sistem akusisi data.</li> <li>d. Mengedit proposal.</li> </ul>
4	Frecia Elrivia Mardianto / 5009201134	S1	Teknik Fisika	10 jam/minggu	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Menyusun bagian pendahuluan.</li> <li>b. Mencari data mengenai</li> </ul>



					<p>metode <i>machine learning</i></p> <p>c. Mengedit proposal</p> <p>d. Menyusun rancangan anggaran biaya.</p>
5	<p>Novandion Rafly Kurniawan / 023119400000 10</p>	S1	Teknik Fisika	10 jam/minggu	<p>a. Merancang simulasi kerja alat.</p> <p>b. Merancang pengaplikasian model sistem.</p> <p>c. Menyusun bagian gagasan.</p>

**Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Pelaksana****SURAT PERNYATAAN KETUA PELAKSANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rayhan Rafy

NRP : 5022201179

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Dengan ini menyatakan bahwa proposal PKM-KC saya dengan judul **Prediksi Pelarian Termal pada Battery Pack Mobil Listrik dengan Sistem Akuisisi Data Berbasis Machine Learning sebagai Upaya Peningkatan Keamanan Berkendara** yang diusulkan untuk tahun anggaran 2021 adalah asli karya kami dan belum pernah dibiayai oleh lembaga atau sumber dana lain

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya yang sudah diterima ke kas negara.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 15 Maret 2022

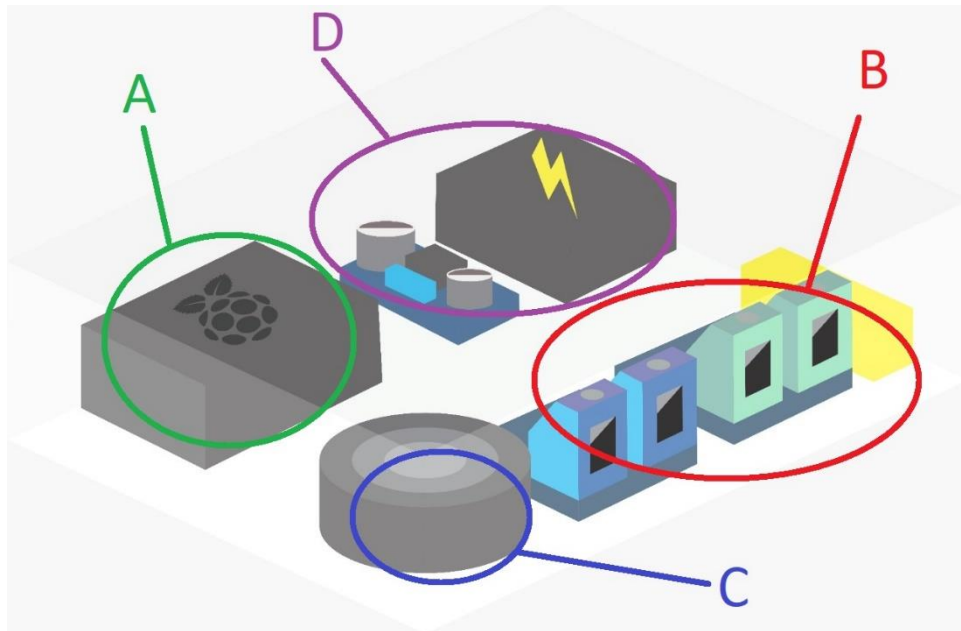
Yang menyatakan,



(Muhammad Rayhan Rafy)

NRP. 5022201179

### Lampiran 5. Gambaran Teknologi yang Akan Dikembangkan



Keterangan:

- A. Raspberry Pi 3, berperan sebagai pengolah data hasil akuisisi dan pengaplikasi model *machine learning* yang telah dirancang untuk memprediksi peristiwa thermal runaway.
- B. Terminal port dan konektor, berperan sebagai penghubung dan penerus sinyal dari sensor-sensor dengan raspberry pi 3.
- C. Buzzer, sebagai alat pemberi peringatan akan terjadinya peristiwa thermal runaway.
- D. Baterai dan DC-DC converter, sebagai sumber suplai tegangan alat prediksi.