

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR TABEL	ii
Abstrak	1
Pendahuluan	2
Metode	3
Diagram Alir Perancangan BSPD dan SDC	3
Pendesainan BSPD dan SDC	3
Simulasi BSPD dan SDC	4
Manufaktur dan Uji Fungsi BSPD dan SDC	5
Hasil dan Pembahasan	6
Pengembangan Sistem	6
Simulasi dengan <i>Proteus</i>	8
Pengujian dengan Sirkuit Asli	10
Kesimpulan	12
Ucapan Terima Kasih	13
Kontribusi Penulis	13
Daftar Pustaka	13
Lampiran 1. Biodata Ketua, Anggota dan Dosen Pendamping	14
Lampiran 2. Keterangan Kontribusi Anggota Tim dalam Pekerjaan dan Penulisan	21
Lampiran 3. Surat Pernyataan Ketua Pelaksana	22
Lampiran 4. Surat Pernyataan Sumber Tulisan	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Alir Optimasi BSPD dan SDC pada Mobil Formula Anargya Mark 2	3
Gambar 2. Rangkaian BSPD Anargya Mark 1 pada Proteus.....	5
Gambar 3. Rangkaian SDC Anargya Mark 1 pada Proteus	5
Gambar 4. (a) PCB BSPD Anargya Mark 1. (b) PCB SDC Anargya Mark 1	6
Gambar 5. Desain BSPD Anargya Mark 2 pada Eagle.....	7
Gambar 6. Desain SDC Anargya Mark 2 pada Eagle.....	8
Gambar 7. Rangkaian BSPD Anargya Mark 2 pada Proteus.....	9
Gambar 8. Rangkaian SDC Anargya Mark 2 pada Proteus	9
Gambar 9. Perbandingan Rasio Keberhasilan Simulasi Penggabungan Sistem BSPD dan SDC pada Mark 1 dan 2.....	10
Gambar 10. (a) PCB BSPD Anargya Mark 2. (b) PCB SDC Anargya Mark 2.....	10
Gambar 11. Grafik keluaran voltase BSPD Mark 1 dan Mark 2	11
Gambar 12. Grafik keluaran voltase SDC Mark 1 dan Mark 2	11

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komparasi pengembangan sistem SDC dan BSPD pada Mark 1 dan Mark 2	8
Tabel 2. Komparasi umum sistem SDC dan BSPD pada Mark 1 dan Mark 2	11

OPTIMASI SISTEM KEAMANAN *BRAKE SYSTEM PLAUSIBILITY DEVICE* DAN *SHUTDOWN CIRCUIT* PADA MOBIL FORMULA ANARGYA MARK 2.0

Muhammad Faris Zuhairi¹, Rhema Adi Magiza Wicaksana², David Arief Fadhillah³, Winda Suryani Lumban Batu⁴, Andrea Franciliano⁵, Yohanes^{6*}

^{1,2,3,4,5,6}Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya

***Corresponding author:** yunus@me.its.ac.id

Abstrak

Brake System Plausibility Device atau BSPD merupakan salah satu sub-bagian dari sistem keamanan yang terpasang pada mobil formula electric vehicle. BSPD berguna untuk menghindari adanya ledakan setelah terjadi benturan dengan melakukan pengisolasian pada kontak elektronik apabila pengemudi menginjak rem secara mendadak. Kemudian sinyal dikirimkan oleh BSPD kepada Shutdown Circuit (SDC) untuk mengisolasi sistem tegangan tinggi agar tidak terjadi ledakan. Oleh karena itu perlu melakukan desain, simulasi, manufaktur, dan uji fungsi dapat mengetahui performansi dan keandalan dari kedua sistem keamanan ini sehingga mampu mengoptimasi sistem keamanan pada mobil formula electric vehicle. Pada BSPD, sensor rem yang sebelumnya pada Anargya Mark 1 menggunakan limit switch, digantikan dengan penggunaan pressure sensor pada brake fluid silinder pada sistem pengereman. Berdasarkan 50 kali perulangan, keandalan sistem BSPD dengan pressure sensor naik sebesar 98% dari sebelumnya menggunakan limit switch sebesar 64%. Keberhasilan ini disebabkan stabilnya keluaran BSPD ke SDC. BSPD dan SDC Mark 2 menghasilkan tegangan keluaran relatif stabil yang berkisar 12-12.4V sehingga meningkatkan keandalan pada isolasi agar tidak terjadi ledakan sistem high voltage saat mengalami benturan.

Kata-kata kunci: *electric vehicle, BSPD, SDC, transistor, switching*

Abstract

Brake System Plausibility Device or BSPD is one of the sub-parts of the security system installed on the electric formula car. BSPD is useful for avoiding an explosion after a collision by isolating the electronic contacts if the driver slams suddenly to avoid a collision. Subsequently, BSPD is delivered a signal to the Shutdown Circuit (SDC) to isolate high-voltage systems to prevent explosions. Therefore, it is necessary to design, simulate, manufacture, and test the performance, we can determine the performance and reliability of these two security systems so that they can optimize the safety system in the electric vehicle formula car. In the BSPD, the brake sensor previously used in the Anargya Mark 1 uses a limit switch, replaced by use of a pressure sensor on the brake fluid cylinder in the braking system. According on 50 repetitions, the reliability of the BSPD system with the pressure sensor increased by 98% from the previous use of the limit switch of 64%. This success is due to the stable output of the BSPD to SDC. The BSPD and SDC Mark 2 produce relatively stable output voltages ranging from 12-12.4V, thereby increasing the reliability of the insulation so that the high voltage system does not explode when it experiences a collision.

Keywords: *electric vehicle, BSPD, SDC, transistor, switching*

Pendahuluan

Masalah lingkungan dan energi menciptakan permintaan besar untuk alternatif teknologi otomotif. Alternatif untuk masa depan mengenai kendaraan listrik. Sebagian besar desain kendaraan listrik yang muncul di pasar bergantung pada teknologi yang ada. Kendaraan listrik atau *electric vehicles* (EV) menjadi bertumbuh dengan cepat umumnya di berbagai belahan dunia (Nitsche *et al.*, 2014). Seperti pada bulan November 2009, Amerika Serikat menjadi negara dengan paling tinggi dalam *hybrid electric market* di dunia dengan penjualan mendekati 1,5 juta kendaraan (Freschi, Mitolo dan Tommasini, 2017). Meski demikian, potensi selalu ada konsekuensi yang tidak diinginkan setiap kali teknologi baru diperkenalkan. Maka dari itu, pentingnya sistem keamanan kendaraan diimbangi dengan teknologi baru. Tanpa teknologi keamanan baru ada resiko besar bahwa desain kendaraan baru akan menjadi kurang aman baik dari segi kelistrikan maupun keamanan kebakaran dari tegangan tinggi yang berpotensi meledak dan keselamatan kecelakaan (Visvikis, 2012).

Sebuah tabrakan atau benturan pada kendaraan listrik dapat membahayakan kelistrikan. Isolasi listrik dibutuhkan untuk menghindari terjadinya sengatan listrik yang diterima pada *body* kendaraan listrik. Maka dibutuhkan pemutus dari penyimpan energi listrik yang *rechargeable* apabila terjadi suatu benturan atau tabrakan pada kendaraan listrik. Pada kendaraan listrik dipasang suatu sistem untuk menghindari terjadinya benturan lalu terjadi ledakan pada mobil. *Brake System Plausibility Device* atau BSPD merupakan salah satu sub-bagian dari sistem keamanan yang terpasang pada mobil formula *electric vehicle* untuk menghindari adanya ledakan setelah terjadi benturan dengan melakukan pengisolasian pada kontak elektronik apabila pengemudi menginjak rem secara mendadak untuk menghindari benturan kemudian mengirimkan sinyal kepada *Shutdown Circuit* (SDC) untuk mengisolasi sistem tegangan tinggi agar tidak terjadi ledakan (Hatch and Leonard, 2020).

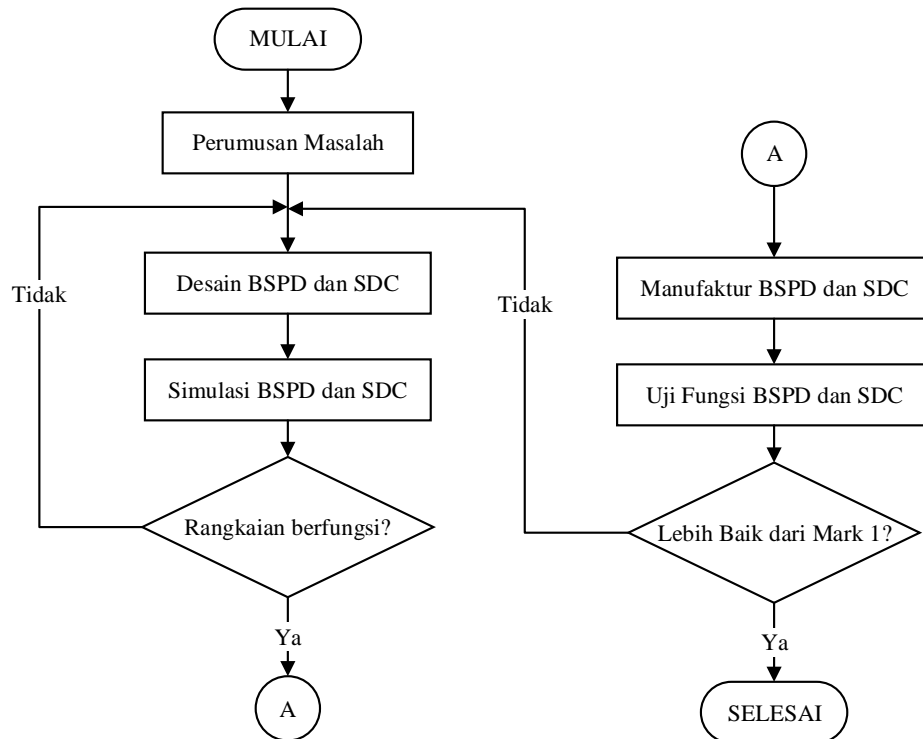
Dengan memperbaiki teknologi maka artinya kita harus memperbaiki sistem keamanan pada kendaraan listrik. Pada mobil formula sebelumnya *mark 1*, telah dilakukan fabrikasi dengan sistem yang memiliki beberapa kekurangan yaitu seperti kurangnya keandalan pada komponen yang telah dipasang sehingga memungkinkan terjadinya kegagalan saat melakukan fabrikasi atau uji fungsi. Dengan melakukan optimasi yaitu pembaharuan sistem keamanan pada mobil formula *mark 2* untuk mendapatkan keandalan sistem keamanan lebih baik dari sistem keamanan pada mobil formula *mark 1*.

Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian kali ini, dilakukan optimasi pada sistem BSPD dan SDC sistem keamanan mobil formula *mark 2* dari mobil formula *mark 1*. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat mengetahui performansi dan keandalan dari kedua sistem keamanan *Mark 1* dan *2*.

Metode

Diagram Alir Perancangan BSPD dan SDC

Berikut merupakan diagram alir dalam optimasi BSPD dan SDC pada mobil Anargya *mark 2*.



Gambar 1. Diagram Alir Optimasi BSPD dan SDC pada Mobil Formula Anargya *Mark 2*

Optimasi dimulai dengan merumuskan masalah yang merujuk pada kekurangan BSPD dan SDC Anargya *Mark 1*. Perbaikan mengikuti diagram alir seperti Gambar 1 di atas. Untuk melihat apakah BSPD dan SDC berfungsi optimal, dilakukan trial simulasi *Proteus* lalu dibandingkan dengan BSPD dan SDC *Mark 1*. Trial dilakukan sebanyak 50 kali yang menghasilkan data tegangan output BSPD, SDC, dan gabungan kedua sistem. Parameter yang digunakan saat pengujian rangkaian berupa akurasi pembacaan tegangan, kecepatan reaksi, kestabilan output, dan keberhasilan fungsi. Hasil ini kemudian dibandingkan untuk mengetahui keberhasilan sistem yang dioptimasi.

Pendesainan BSPD dan SDC

BSPD (*Brake System Plausibility Device*) merupakan perangkat mandiri yang berfungsi mengecek pengereman secara serentak dan *output* berdaya tinggi. BSPD akan membuka *Shutdown Circuit* ketika terdapat 3 kondisi, yaitu rem ditekan keras tanpa mengunci roda, 5 kW daya rangkaian DC diberikan ke motor pada tegangan nominal baterai, dan kedua kondisi sebelumnya berkerja di atas 0.5 detik

(SAE International 2020). BSPD menggunakan *Input* berupa *sensor* arus dan *brake* pedal yang nantinya dibandingkan dengan komparator tegangan (Op-Amp). Tegangan *threshold* merupakan nilai hasil pembacaan kurva di suatu domain arus, dimana arus didapatkan dari pembagian daya *output* akumulator dengan tegangan nominalnya. Saat terjadi *open* atau *short circuit* pada *sensor input*, BSPD akan membuka *Shutdown Circuit*.

Pemilihan dari tiap masing-masing komponen BSPD harus berdasarkan perhitungan. Contohnya, BSPD Anargya Mark 1 menggunakan komponen komparator tegangan OP07A, *limit switch* sebagai sensor rem, dan *hall effect sensor* Tamura L06P400S05 dengan *range input* -400 hingga 400 A serta *output* 0-4.9 V. Arus *trip* diperoleh sebesar 16.4 A melalui Persamaan 1, dimana tegangan nominal 304 V dan daya maksimum 5 kW.

$$I = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Dengan ambang batas untuk sensor pedal rem 3 V yang ditunjukkan dengan 90% gerak pedal. Ketika tiap sensor melewati nilai ambang batas maka memberikan LOGIC 1 untuk IC AND. Jika kedua LOGIC nilainya 1 maka memberikan tegangan ke *voltage comparator* melewati 500 Ohm resistor dan 1 mF kapasitor untuk memberikan 0.5 *second delay*. Delay pada rangkaian RC didapatkan sebesar 0.53 detik menggunakan Persamaan 2.

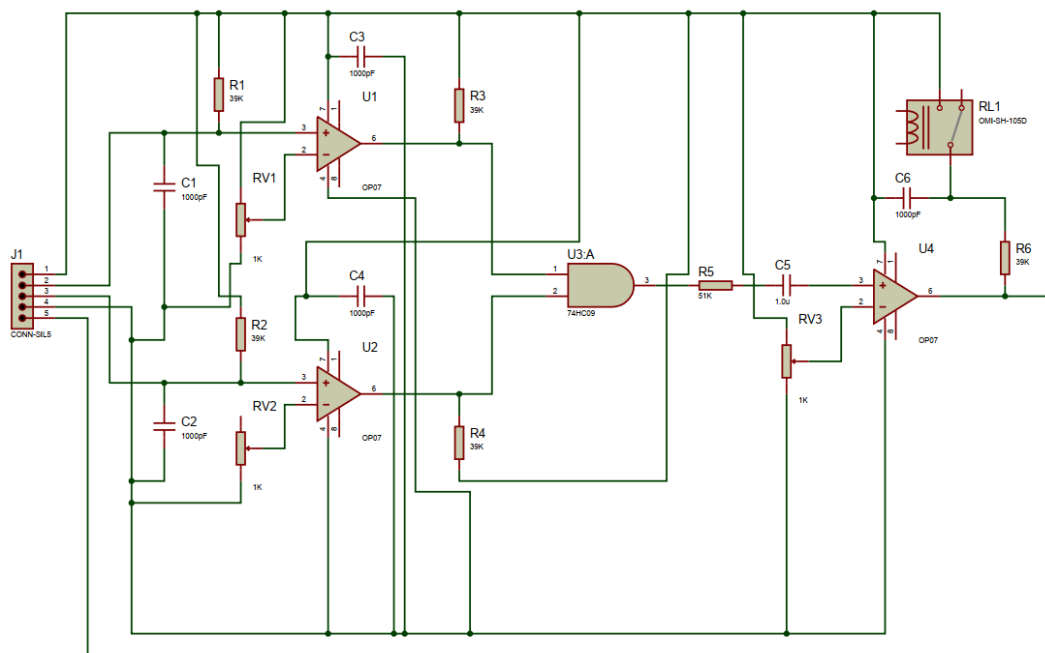
$$T = RC \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad (2)$$

SDC (*Shutdown Circuit*) tersusun atas beberapa elemen *switching* yang terhubung seri agar sinyal 12 V lewat dan mengaktifkan AIR. Elemen *switching* akan bergerak bila terdeteksi *fault* pada BSPD, IMD, dan BMS yang membuat sinyal 12 V akan diberikan ke *Relaying Circuit* hingga jalur *Tractive System* (tegangan tinggi mobil) mati atau tidak ada arus ke motor. Terdapat dua macam fungsi *switch* yang digunakan pada rangkaian SDC mark 1 dan 2, yaitu *Normally Closed* dan *Normally Open*. Part *Normally Open* digunakan oleh *Shutdown Button* dan *Master Switch* (Grounded LV dan TS). Sedangkan part *Normally Closed* digunakan oleh *Brake Over Travel Switch*, *Insulation Monitoring Device*, *Battery Management System*, *Inertia Switch*, *Safety Interlock*, dan BSPD.

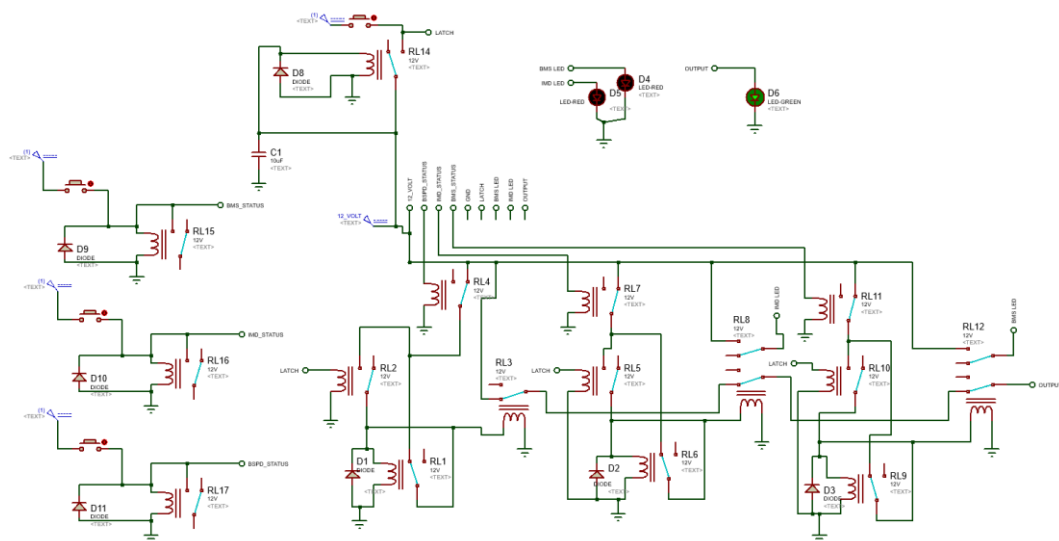
BSPD dan SDC pada mark 1 masih ditemui banyak kekurangan. Kekurangan tersebut yaitu seringnya terjadi ketidakstabilan tegangan keluaran BSPD dan SDC salah satunya akibat kurangnya arus input. Hal ini harus diatasi melalui optimasi agar tidak menyebabkan terganggunya fungsi *Shutdown* mobil.

Simulasi BSPD dan SDC

Untuk melihat berhasil tidaknya desain BSPD dan SDC, dilakukan simulasi menggunakan *software Proteus ISIS*. Software ini dipilih karena unggul dalam visualisasi simulasi dan library yang lengkap. Rangkaian simulasi Mark 1 ditunjukkan seperti pada Gambar 2 untuk BSPD dan Gambar 3 untuk SDC.



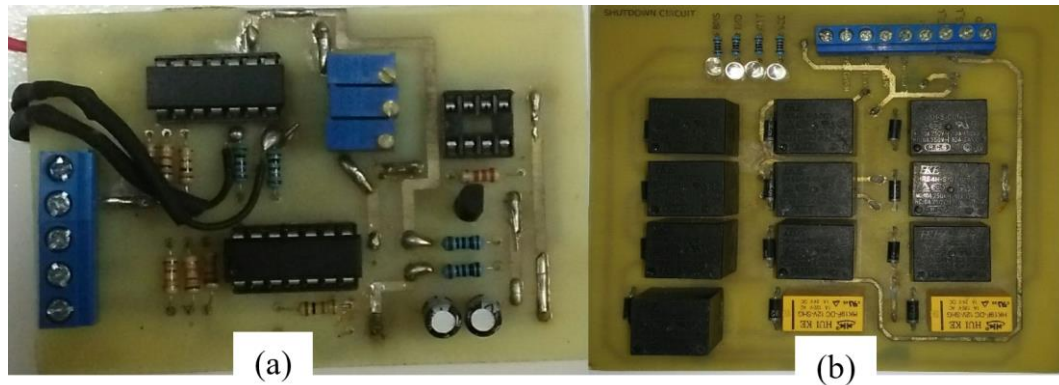
Gambar 2. Rangkaian BSPD Anargya Mark 1 pada Proteus



Gambar 3. Rangkaian SDC Anargya Mark 1 pada Proteus

Manufaktur dan Uji Fungsi BSPD dan SDC

Tahap manufaktur dan fabrikasi dapat dilakukan bila tahap simulasi rangkaian berhasil bekerja sesuai fungsinya. Masing-masing komponen sistem dirangkai dalam *Board PCB*. Setelah melakukan manufaktur untuk PCB BSPD dan SDC, dilakukan uji fungsi untuk mengetahui apakah setiap rangkaian sudah seluruhnya bekerja dengan baik. PCB BSPD Anargya Mark 1 saat uji fungsi ditunjukkan pada Gambar 4a dan PCB SDC Anargya Mark 1 ditunjukkan pada Gambar 4b.



Gambar 4. (a) PCB BSPD Anargya Mark 1. (b) PCB SDC Anargya Mark 1

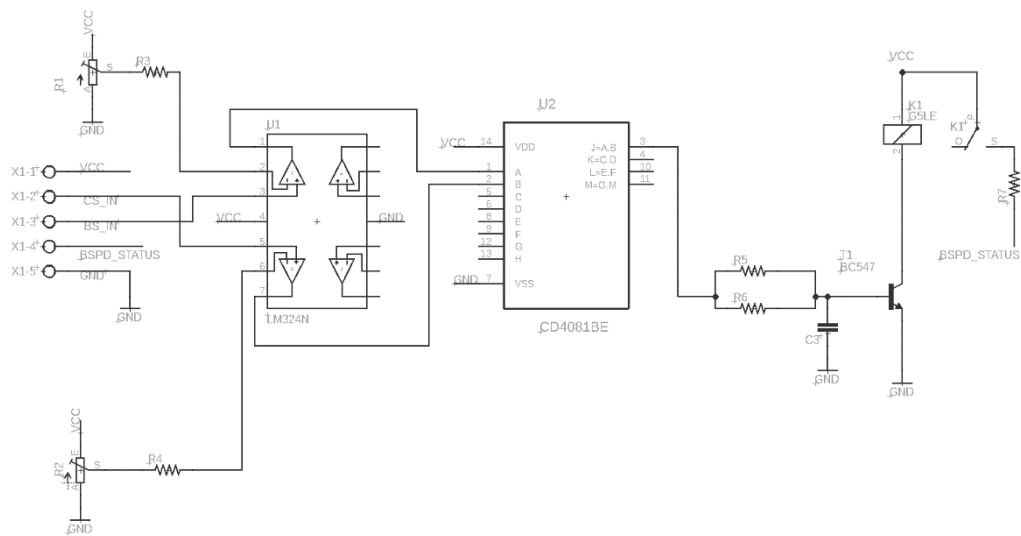
Hasil dan Pembahasan

Pengembangan Sistem

Optimasi pada sistem Anargya mark 2 terdapat pada fungsi dari masing-masing sistem. Pada BSPD, sensor rem yang sebelumnya pada Anargya mark 1 menggunakan *limit switch*, digantikan dengan penggunaan *pressure sensor* pada *brake fluid silinder* pada sistem pengereman. Pergantian ini ditujukan agar menghilangkan kemungkinan sensor rusak pada saat *hard braking*. Pada sistem SDC, Mark 2 memiliki sistem *Auto Latching* yang memungkinkan mobil menyala tanpa bantuan dari orang di luar mobil. Fungsi ini dapat berjalan dengan penambahan sirkuit *RC delay* pada rangkaian SDC Mark 2. Kedua sistem juga mendapatkan tambahan transistor dan relay pada keluaran *primer* sistem yang memungkinkan keluaran sistem selalu memiliki voltase yang stabil.

Komparator BSPD Anargya Mark 2 menggunakan jenis Quadruple Op-Amp LM324N yang kompatibel terhadap berbagai Logic serta memiliki range tegangan input yang lebar. Hal ini membuat LM324N unggul dibanding komparator mark 1, yakni Ultralow Offset Voltage Op-Amp OP07A. Selain itu, BSPD Mark 2 menggunakan *Hall Effect Current Sensor* yang sama dengan mark 1, yaitu Tamura L06P400S05. Untuk mulai menampilkan status BSPD, mark 2 sudah menggunakan relay G5LE, LED, dan transistor BC547 untuk penguatan.

Desain rangkaian BSPD Anargya Mark 2 dilakukan melalui Software Eagle seperti tampak pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain BSPD Anargya Mark 2 pada Eagle

Masing-masing input (*current* dan brake pedal sensor) dilewatkan komparator dengan tegangan referensi yang diatur dalam variable resistor. Ketika sensor memberikan tegangan $\geq 49\%$ total tegangan, tegangan VCC 12 V akan diberikan. Sebaliknya bila $< 49\%$, tegangan GND 0 V akan diberikan. Kondisi HIGH 12 V dipenuhi jika tegangan sensor diatas *threshold* dan LOW 0 V jika sebaliknya. Keluaran kedua komparator ini akan dibandingkan melalui gerbang logika AND. Output HIGH pada LOGIC GATE AND hanya akan diberikan bila kedua komparator memberikan nilai HIGH. Tegangan ini kemudian melewati rangkaian delay RC hingga transistor BC547 aktif dan BSPD Status bernilai 12 V untuk membuka relay SDC.

Nilai dari arus *trip* didapatkan melalui perhitungan persamaan 1 sebesar 21.09 A, dimana diketahui besarnya tegangan nominal *tractive system* Anargya mark 2 adalah 237 V (daya maksimum 5 kW). *Threshold* untuk sensor pedal rem adalah 3 V yang ditunjukkan saat pedal bergerak 90%. Ketika tiap sensor melewati nilai *threshold*, maka dapat dianggap nilai LOGIC 1 untuk IC AND (CD4081). Jika kedua angka logika bernilai 1 maka IC AND akan memberikan tegangan ke *capacitor-resistor delay circuit* yang memiliki nilai kapasitansi 1800uF dan resistansi sebesar 220 Ohm (rasio tegangan $V2/V1=12$). Maka delay rangkaian RC dapat dihitung dengan persamaan 2 yaitu sebesar 0.53 detik.

SDC pada *mark 2* menggunakan lebih sedikit relay dibandingkan *mark 1*. Hal ini disebabkan seringnya terjadi kesalahan mekanis pada terminal relay. Solusinya, transistor dipilih karena merupakan komponen switching elektris yang sekaligus mengurangi time delay. Sistem *latching* juga ditambahkan pada SDC *mark 2*. Diagram skematik SDC Anargya Mark 2 ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6. Desain SDC Anargya *Mark 2* pada *Eagle*

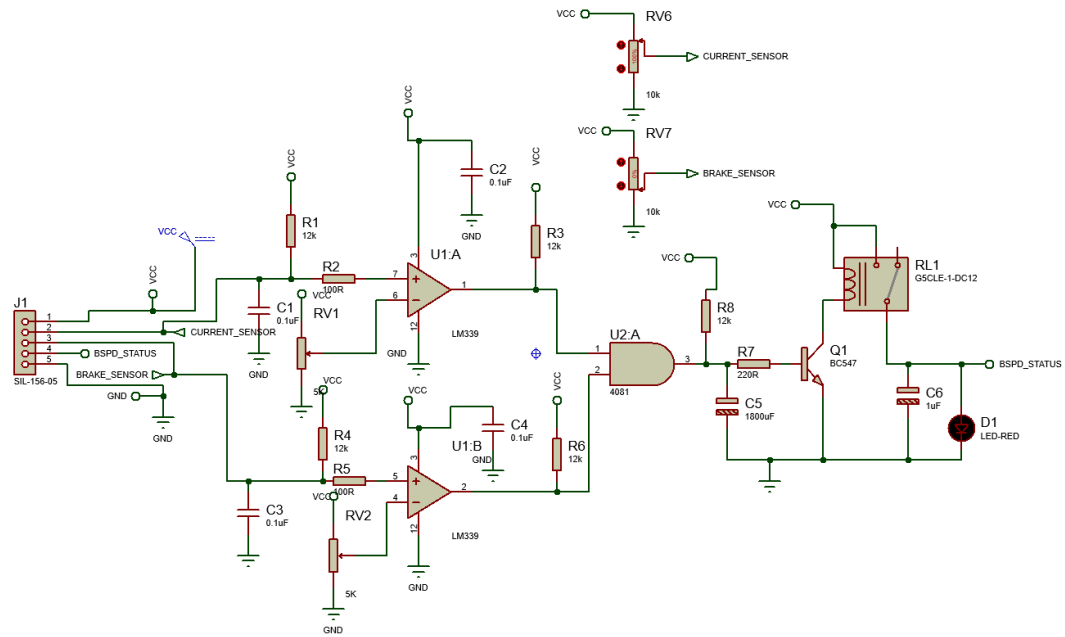
Kedua sistem tadi melalui proses yang sama, yaitu desain menggunakan *software Eagle*, simulasi menggunakan *software Proteus*, manufaktur dengan PCB *double layer through hole* dengan *masking* dan *marking*, serta dilakukan uji purwarupa setiap sistemnya (BSPD dan SDC), dan terakhir penggabungan sistem dan pengujian fungsi. Dari 50 kali pengulangan pada masing-masing sistem dan penggabungan sistem, didapatkan bahwa pada *Mark 1*, sistem BSPD berhasil dijalankan 35 kali, sistem SDC 47 kali, dan saat kedua sistem digabungkan berhasil 32 kali. Dari data ini diketahui bahwa tingkat keberhasilan sistem dalam menjalankan fungsinya pada *Mark 1* adalah sebesar 64%. Kemudian pada *Mark 2*, dengan penambahan transistor dan relay sebagai *switching device* didapatkan hasil keberhasilan pada sistem BSPD sebanyak 49 kali, sistem SDC sebanyak 50 kali, dan pada saat kedua sistem digabungkan, berhasil sebanyak 49 kali. Sehingga tingkat keberhasilan sistem dalam menjalankan fungsinya pada *Mark 2* adalah sebesar 98%. Komparasi pengembangan BSPD dan SDC secara umum tersaji dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Komparasi pengembangan sistem SDC dan BSPD pada *Mark 1* dan *Mark 2*

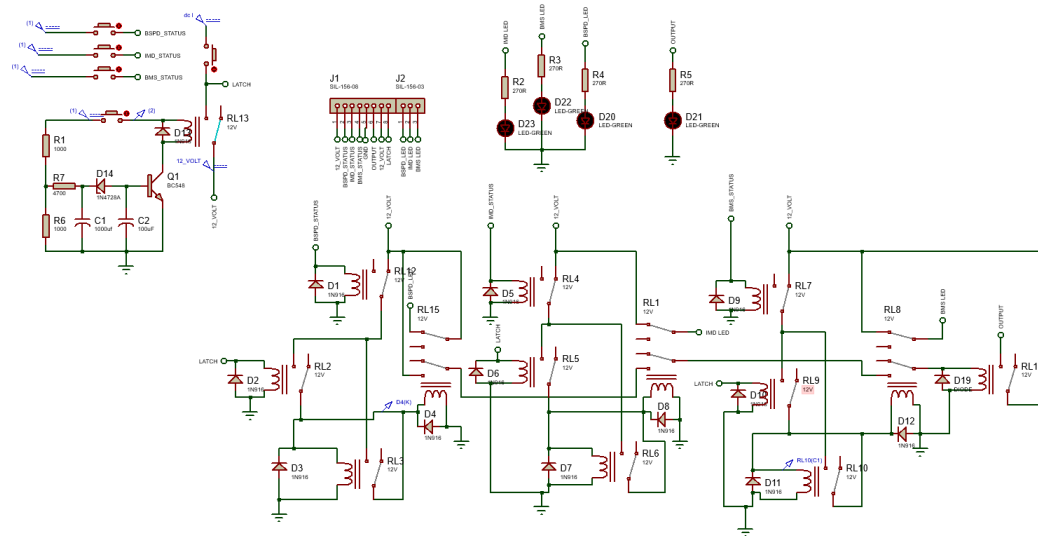
Sistem	Desain	Simulasi	Manufaktur	Proto- typing	Pengujian		
					BSPD	SDC	Gabung an
<i>Mark 1</i>	V	V	V	V	35/50	47/50	32/50
<i>Mark 2</i>	V	V	V	V	49/50	50/50	49/50

Simulasi dengan *Proteus*

Proses komparasi diawali dengan penggunaan *software* simulasi *Proteus*, guna mengetahui apakah sirkuit yang dirancang dapat menjalankan fungsinya sebagaimana mestinya. Berikut merupakan rangkaian simulasi *Proteus Mark 2* untuk BSPD (Gambar 7) dan SDC (Gambar 8)

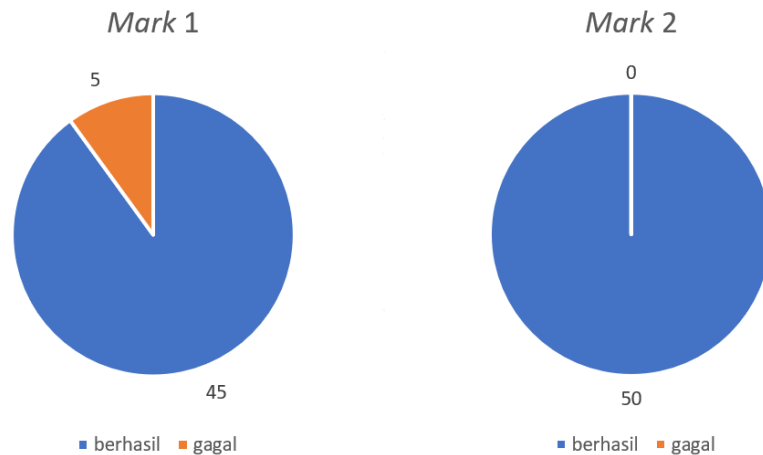


Gambar 7. Rangkaian BSPD Anargya Mark 2 pada Proteus



Gambar 8. Rangkaian SDC Anargya Mark 2 pada Proteus

Dari hasil simulasi *Proteus* ini, dilakukan 50 kali pengulangan pada sirkuit BSPD dan SDC dari Anargya Mark 1 dan Anargya Mark 2, didapatkan data seperti pada Gambar 9 di bawah ini.

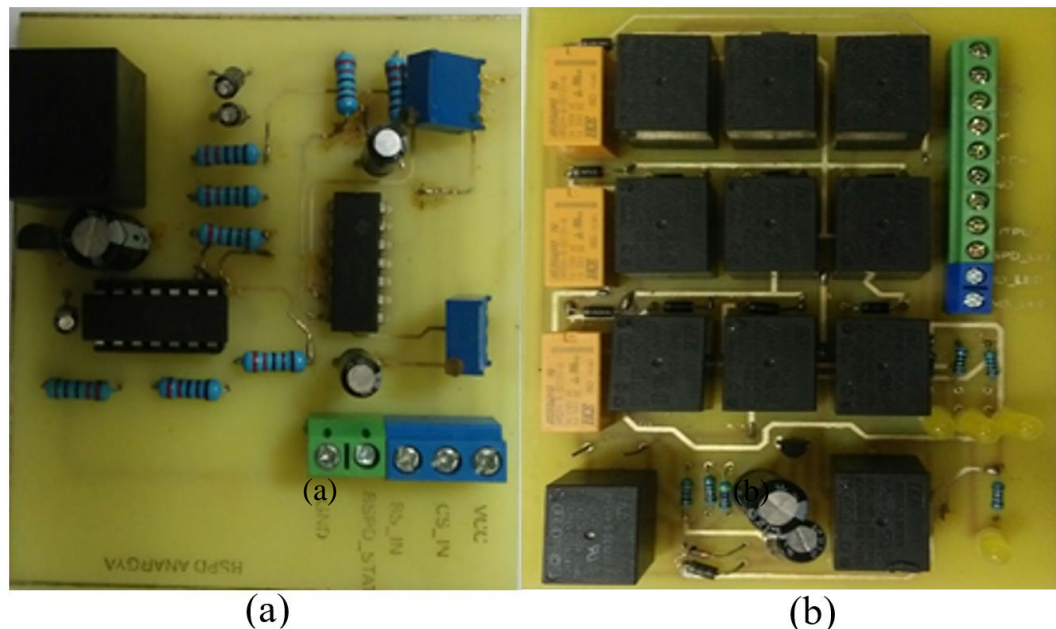


Gambar 9. Perbandingan Rasio Keberhasilan Simulasi Penggabungan Sistem BSPD dan SDC pada *Mark 1* dan *2*

Merujuk pada data yang didapat dari 50 kali pengulangan simulasi, diketahui bahwa dengan pengujian *Proteus*, pada *Mark 1* terdapat kegagalan sebanyak lima kali, sedangkan pada *Mark 2* terdapat tidak terjadi kegagalan. Kegagalan pada sistem *Mark 1* ini dikarenakan oleh kurang stabilnya keluaran yang diberikan oleh sistem BSPD ke sistem SDC.

Pengujian dengan Sirkuit Asli

Sirkuit yang telah dikembangkan di *Proteus* kemudian dibuat dengan PCB dan komponen-komponen yang dibutuhkan dirangkai dengan penyolderan. Komponen *mark 2* dipasang pada PCB dengan ukuran 76x60mm untuk BSPD (Gambar 10a) dan untuk SDC dengan ukuran 132x162mm (Gambar 10b).



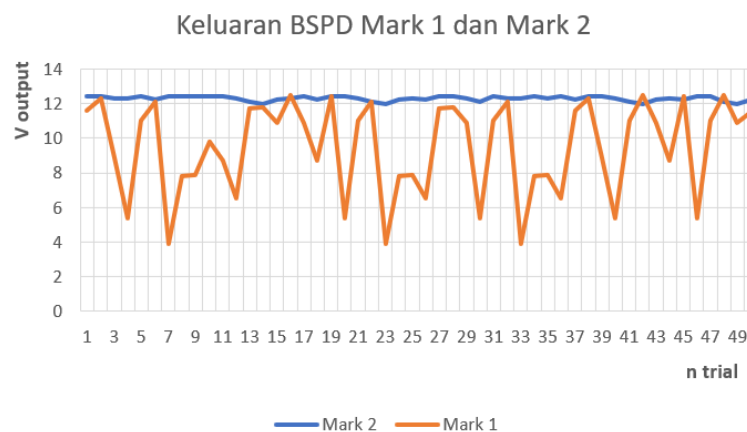
Gambar 10. (a) PCB BSPD Anargya *Mark 2*. (b) PCB SDC Anargya *Mark 2*

Setiap rangkaian kemudian diuji dengan sensor-sensor yang dibutuhkan, dengan perbedaan seperti pada Tabel 2 berikut ini.

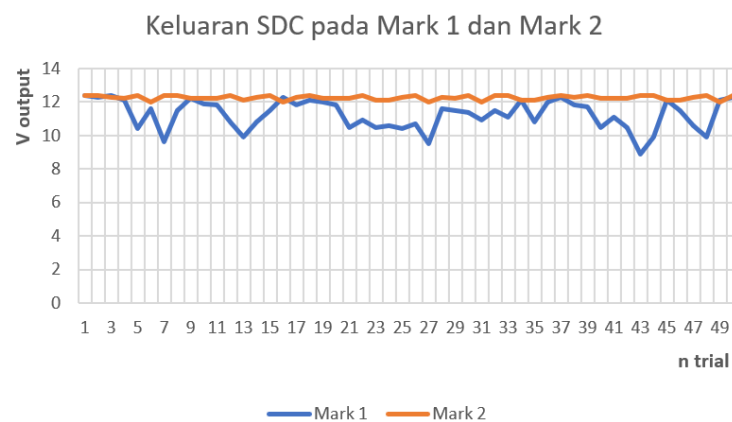
Tabel 2. Komparasi umum sistem SDC dan BSPD pada *Mark 1* dan *Mark 2*

Sistem		Pembacaan Akurat	Bereaksi cepat (di bawah 1 detik)	Keluaran Stabil	Keberhasilan diatas 95%
<i>Mark 1</i>	SDC	V	V	X	V
	BSPD	V	V	X	X
<i>Mark 2</i>	SDC	V	V	V	V
	BSPD	V	V	V	V

Pada Tabel 2, komparasi sistem SDC dan BSPD pada *Mark 1* dan *Mark 2*, diketahui bahwa pengujian dengan sirkuit asli menunjukkan adanya optimasi pada sistem BSPD dan SDC dari segi keluaran sirkuit yang lebih stabil dan tingkat keberhasilan yang jauh lebih tinggi. Pengujian ini juga dilakukan dengan 50 kali pengulangan.



Gambar 11. Grafik keluaran voltase BSPD *Mark 1* dan *Mark 2*



Gambar 12. Grafik keluaran voltase SDC *Mark 1* dan *Mark 2*

Berdasarkan Gambar 11 tentang grafik keluaran voltase dari sistem BSPD *Mark 1* dan *Mark 2*, diketahui bahwa terdapat peningkatan kestabilan yang signifikan pada rangkaian BSPD *Mark 2*. Nilai – nilai yang tercantum pada gambar 11 didapatkan dari hasil uji coba langsung pada rangkaian BSPD *Mark 1* dan *Mark 2*, dengan rangkaian seperti pada gambar 4a dan 10a. Keluaran yang diharapkan dari sistem BSPD ini adalah rentang 11,4 - 12,4 V, sehingga keluaran yang tidak stabil pada BSPD *Mark 1* ini sangat mengganggu kinerja mobil dan mengurangi keandalan mobil. Kegagalan pada sistem BSPD *Mark 1* disebabkan oleh kurangnya arus yang dihasilkan oleh sirkuit BSPD *Mark 1*, yang keluarannya hanya mengandalkan keluaran dari *Integrated Circuit*. Keluaran ini yang kemudian akan diteruskan ke sirkuit SDC *Mark 1*, akan menimbulkan *voltage drop* ketika disambungkan dengan sistem SDC *Mark 1*. *Voltage drop* terjadi karena beban yang ditanggung oleh keluaran tidak memiliki cukup daya akibat rendahnya arus, sehingga daya mengambil sebagian voltase, sehingga voltase turun. Permasalahan ini kemudian diperbaiki pada BSPD *Mark 2*, dengan penambahan *switching device* berupa transistor NPN dan relay. Karena keluaran dari *Integrated Circuit* hanya mengaktifkan transistor, maka arus yang dihasilkan *Integrated Circuit* sudah mencukupi. Transistor ini kemudian mengaktifkan relay yang mendapat suplai daya langsung dari baterai, sehingga keluarannya pasti stabil 12V dengan arus yang mencukupi.

Berdasarkan Gambar 12 tentang grafik keluaran voltase dari sistem SDC *Mark 1* dan *Mark 2*, diketahui bahwa terdapat peningkatan kestabilan yang signifikan pada rangkain SDC *Mark 2*. Nilai – nilai yang tercantum pada gambar 12 didapatkan dari hasil uji coba langsung pada rangkaian SDC *Mark 1* dan *Mark 2*, dengan rangkaian seperti pada gambar 4b dan 10b. Keluaran yang diharap dari sistem SDC ini adalah rentang 11,4 - 12,4 V, sehingga keluaran yang tidak stabil pada SDC *Mark 1* sangat mengganggu kinerja mobil dan keandalan mobil. Kegagalan pada sistem SDC *Mark 1* diakibatkan dari tidak adanya kapasitor pada keluaran SDC untuk menyimpan daya sesaat, untuk mengurangi terjadinya tagangan kejut pada saat pertama kali dinyalakan, atau saat dimatikan. Kegagalan ini juga disebabkan oleh kurangnya arus dari sistem pengaman lainnya, dalam hal ini BSPD, setelah sistem digabungkan. Permasalahan pada saat penyalaan ini sudah diperbaiki pada sistem SDC *Mark 2* dengan penambahan kapasitor pada keluaran SDC. Pada SDC *Mark 1*, juga tidak memiliki fitur *auto initial latch* sehingga perlu orang lain untuk menyalakannya saat mobil dinyalakan. Fitur ini sudah ditambahkan pada SDC *Mark 2* dengan ditambakkannya rangkaian *delay resistor kapasitor*, sehingga mobil bisa dinyalakan tanpa perlu bantuan orang lain untuk menekan tombol *Reset* saat penyalaan mobil.

Kesimpulan

Penelitian optimasi BSPD dan SDC di sistem keamanan mobil formula Anargya dilakukan melalui studi komparasi *mark 2* terhadap *mark 1* menggunakan perulangan simulasi *Proteus*. Hasil 50 kali perulangan menunjukkan sistem *mark 2* dapat menjalankan fungsinya dengan lebih baik, yakni 98% dibanding sistem *mark 1* sebesar 64%. Keberhasilan ini disebabkan stabilnya keluaran BSPD ke SDC. BSPD dan SDC *mark 2* menghasilkan tegangan keluaran relatif stabil yang berkisar 12-12.4V sehingga sistem isolasi saat terjadi pengereman mendadak menjadi lebih stabil.

Ucapan Terima Kasih

Rasa terima kasih penulis ucapkan kepada kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) yang telah mendukung dan memfasilitasi kami sehingga PKM-AI ini dapat dibuat hingga selesai. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan Pendidikan Tinggi sebagai penyelenggara sekaligus pemberi insentif dana atas penelitian PKM 2021 ini.

Kontribusi Penulis

Keempat penulis dalam penelitian ini memiliki tugas masing-masing. Penulis satu melakukan penyusunan metodologi penelitian sistem dan kesimpulan. Penulis dua melakukan pengembangan, simulasi, dan pengujian sistem serta menyusun hasil dan pembahasan. Penulis tiga melakukan studi dan penyusunan abstrak hingga pendahuluan. Penulis keempat melakukan penyusunan format dan revisi naskah. Penulis kelima melakukan pengecekan dan perbaikan sistematika naskah penulisan. Dosen pembimbing melakukan bimbingan dan memberikan arahan terkait konten penelitian.

Daftar Pustaka

- Freschi, F., Mitolo, M. and Tommasini, R. (2017) 'Electrical safety of electric vehicles', *2017 IEEE/IAS 53rd Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, I and CPS 2017*, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICPS.2017.7945109.
- Hatch, T. and Leonardon, F. (2020) 'Rules 2020', *International Federation of Sport Climbing*, 1.5.1(October 2019), pp. 1–136.
- Nathan, A. J. and Scobell, A. (2012) *Electronic-Devices-Conventional-Current-Version-9Th-Edition-Floyd, Foreign Affairs*.
- Nitsche, P. *et al.* (2014) 'The impacts of electric cars on road safety: insights from a real-world driving study', *Transport Research Arena 5th Conference*, (March), p. 10p. doi: 10.13140/2.1.2329.7284.
- SAE International. (2020) 'EV - ELECTRIC VEHICLES' In *FORMULA SAE Rules*. 1 ed. s.1.: SAE International, p.98.
- Visvikis, C. (2012) 'Safety considerations for electric vehicles and regulatory activities', *26th Electric Vehicle Symposium 2012, EVS 2012*, 2(129), pp. 944–957.

Lampiran 1. Biodata Ketua, Anggota dan Dosen Pendamping

1. Biodata Ketua

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Muhammad Faris Zuhairi
2	Jenis Kelamin	L
3	Program Studi	Teknik Elektro
4	NIM	07111940000164
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Gresik, 14 Maret 2001
6	Alamat E-mail	fariszuh@gmail.com
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	2020/2021, ITS
2			
3			

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-AI

Surabaya, 16 Februari 2021

Ketua Tim



Muhammad Faris Zuhairi

2. Biodata Anggota 1

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Rhema Adi Magiza Wicaksana
2	Jenis Kelamin	L
3	Program Studi	Teknik Mesin
4	NIM	02111740000115
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Bima, 15 Agustus 1999
6	Alamat E-mail	rhema01adi@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	6285203040187

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status Dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Anargya ITS Formula EV Team	Manajer Elektrik	2018-2019, ITS
2	Anargya ITS Formula EV Team	Kepala Sub - Divisi <i>Safety System</i>	2019 - 2020, ITS
3	Himpunan Mahasiswa Mesin	Staff BSO (Badan Semi Otonom)	2018 - 2019, ITS
4	Petrolida 2019	Staff divisi <i>Liaison Officer</i>	2019, ITS
5	<i>Society of Petroleum Engineer</i>	Member SPE	2018 - 2019, 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-AI

Surabaya, 16 Februari 2021

Anggota Tim



Rhema Adi Magiza Wicaksana

3. Biodata Anggota 2

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	David Arief Fadhilah
2	Jenis Kelamin	L
3	Program Studi	Teknik Fisika
4	NIM	5009201084
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Bekasi, 4 Juli 1999
6	Alamat E-mail	davitarief@outlook.com
7	Nomor Telepon/HP	085817393190

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status Dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Anargya ITS Formula EV Team	Staff Elektrik - <i>Safety System</i>	2020/2021, ITS
2	Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro UGM	Staff PSDM	2017/2019, UGM
3	Forum Komunikasi Mahasiswa Bekasi UGM	Ketua	2018/2019, UGM

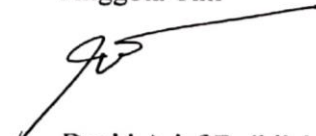
C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

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-AI

Surabaya, 16 Februari 2021

Anggota Tim


David Arief Fadhilah

4. Biodata Anggota 3

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Winda Suryani Lumban Batu
2	Jenis Kelamin	P
3	Program Studi	Teknik Sistem dan Industri
4	NIM	02411840000051
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Doloksanggul, 03 Maret 2001
6	Alamat E-mail	windabatu26@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	082249765165

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status Dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Himpunan Teknik Sistem dan Industri	Senat Mahasiswa Teknik Industri	2019/2020, ITS
2	Anargya ITS Team	Staff Non-Teknikal - <i>Finance and Administration</i>	2020/2021, ITS
3			

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-AI

Surabaya, 16 Februari 2021

Anggota Tim



Winda Suryani Lumban Batu

5. Biodata Anggota 4

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Andrea Franciliano
2	Jenis Kelamin	L
3	Program Studi	Teknik Geofisika
4	NIM	03411940000043
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Tangerang, 28 Desember 2001
6	Alamat E-mail	andreafranc28@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	082213386454

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status Dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Anargya ITS Formula EV Team	Staff Non-Teknikal - <i>Finance and Administration</i>	2020/2021, ITS
2	Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika	Staff Kewirausahaan	2020/2021, ITS
3	Petrolida	<i>Liaison Officer</i>	2019-2020

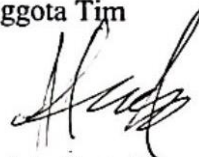
C. Penghargaan Yang Pernah Diterima

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-AI

Surabaya, 16 Februari 2021

Anggota Tim



Andrea Franciliano

6. Biodata Dosen Pembimbing

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Dr. Eng.Yohanes, ST, MSc.
2	Jenis Kelamin	L
3	Program Studi	Teknik Mesin
4	NIP/NIDN	198006272012121003/ 0027068004
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Mojokerto, 27 Juni 1980
6	Alamat E-mail	yunus@me.its.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	081917103318

B. Riwayat Pendidikan

Gelar Akademik	Sarjana	S2/Magister	S3/Doktor
Nama Institusi	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	National Taiwan University of Science and Technology	Hiroshima University
Jurusan/ Prodi	Teknik Mesin	Mechanical Engineering	Mechanical Engineering
Tahun Masuk-Lulus	1999-2004	2008-2011	2014-2018

C. Rekam Jejak Tri Dharma PT

C.1. Pendidikan/Pengajaran

No	Nama Mata Kuliah	Wajib/Pilihan	SKS
1	Algoritma & Pemrograman	Wajib	3
2	Pengantar Teknik Mesin	Wajib	2
3	Mekanika Kekuatan Material	Wajib	3
4	Kinematika dan Dinamika Teknik	Wajib	4
5	Elemen Mesin I	Wajib	3
6	Mekanika Getaran Dasar	Wajib	3
7	Power dan Drivetrain Kendaraan	Pilihan	3
8	Adhesive dan Sambungan Adhesive	Pilihan	3

C.2. Penelitian

No	Judul Penelitian	Penyandang Dana	Tahun
1	Rancang Bangun dan pengembangan prototipe Fin Komodo Listrik Tahun Kedua : Pre Series production	LPDP-Rispro	2020-2021
2	Pengembangan Sistem Suspensi dan Stabilitas untuk Platform Mobil Autonomus ITS	ITS	2020
3	Pengembangan dan Pengujian Kendaraan Multiguna dalam Rangka Persiapan Industrialisasi	Ristek-Dikti	2019
4	Rancang bangun E-Drivetrain 20 KW Untuk diaplikasikan Pada Mobil FIN KOMODO	LPDP-RISPRO	2019

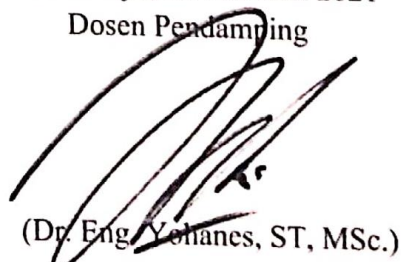
5	Studi Karakteristik Dinamik Sambungan Adhesive dengan Pengujian Split Hopkinson Pressure Bar	ITS	2019
6	Implementasi “Teaching Industry” sebagai persiapan produksi massal sepeda motor listrik GESITS	Ristekdikti	2018

C.3. Pengabdian Kepada Masyarakat

No	Judul Pengabdian kepada Masyarakat	Penyandang Dana	Tahun
1	Pelatihan Ketrampilan CAD Modeling Dan 3d Printing Untuk Siswa SMUN 1 Boyolangu Tulungagung	ITS	2020
2	Jasa Review Desain dan Supervisi Fabrikasi serta Pemasangan HPH PT PJB UP Paiton	PT PJB	2020
3	Penanganan Kasus GD 42 Ton : Analisa Penyebab Keretakan, PT. Industri Kereta Api (Persero) Madiun	PT INKA	2019
4	CommTECH Camp Insight Tahun 2019 dengan materi Sociopreneurship in Action	ITS	2019
5	Peningkatan Kompetensi Siswa SMK Jurusan Teknik di Surabaya dalam Bidang 3D Modelling dan Printing	ITS	2018
6	Peningkatan Kompetensi Siswa SMK Jurusan Teknik di Surabaya dalam Bidang 3D Modelling dan Printing	ITS	2018

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-AI

Surabaya, 28 Februari 2021
Dosen Pendamping



(Dr. Eng. Yohanes, ST, MSc.)

Lampiran 2. Keterangan Kontribusi Anggota Tim dalam Pekerjaan dan Penulisan

No.	Nama	Posisi Penulis	Bidang Ilmu	Kontribusi
1	Muhammad Faris Zuhairi	Penulis Pertama	Teknik Elektro	Menyusun metodologi penelitian sistem dan kesimpulan. Berkoordinasai terkait penyusunan naskah.
2	Rhema Adi Magiza Wicaksana	Penulis Kedua	Teknik Mesin	Melakukan pengembangan, simulasi, dan pengujian sistem. Menyusun hasil dan pembahasan.
3	David Arief Fadhillah	Penulis Ketiga	Teknik Fisika	Melakukan studi dan penyusunan abstrak hingga pendahuluan
4	Winda Suryani Lumban Batu	Penulis Keempat	Teknik Industri	Melakukan penyusunan format dokumen. Merevisi penulisan naskah.
5	Andrea Franciliano	Penulis Kelima	Teknik Geofisika	Melakukan pengecekan penulisan Memperbaiki sistematika penulisan naskah.
6	Dr. Eng. Yohanes, S.T., M.Sc.	Dosen Pembimbing	Teknik Mesin	Melakukan bimbingan dan memberikan arahan terkait konten naskah

Lampiran 3. Surat Pernyataan Ketua Pelaksana**SURAT PERNYATAAN KETUA TIM PELAKSANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Faris Zuhairi

NRP : 07111940000164

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Dengan ini menyatakan bahwa artikel PKM-AI saya dengan judul “Optimasi Sistem Keamanan Brake System Plausibility Device dan Shutdown Circuit Pada Mobil Formula Anargya Mark 2.0” yang diusulkan untuk tahun anggaran 2021 adalah asli karya kami dan belum pernah dipublikasikan dan diikuti dalam kompetisi (termasuk PIMNAS).

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 Februari 2021

Yang menyatakan,

A yellow rectangular official stamp from the Indonesian Ministry of Education, Culture, and Sport (Kemendikbud). The stamp features the Garuda Pancasila emblem at the top, the text 'KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KULTUR, HIMPUNAN SAINS DAN TEKNOLOGI' (Ministry of Education, Culture, Science and Technology), and 'KEMENTERIAN PENELITIAN, PENGEMBANGAN DAN INOVASI' (Ministry of Research, Development and Innovation). Below this, it says 'PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI' (Center for Research and Development of Technology). The stamp is partially obscured by a handwritten signature in black ink.

(Muhammad Faris Zuhairi)

NRP. 07111940000164

Lampiran 4. Surat Pernyataan Sumber Tulisan**SURAT PERNYATAAN SUMBER TULISAN PKM-AI**

Saya yang menandatangani Surat Pernyataan ini:

- Nama : Muhammad Faris Zuhairi
- NIM : 07111940000164

- 1) Menyatakan bahwa PKM-AI yang saya tuliskan bersama anggota tim lainnya benar bersumber dari kegiatan yang telah dilakukan:
 - Kegiatan proyek kelompok Anargya ITS EV Team dalam persiapan lomba Formula Student SAE Japan 2019 dan 2020
 - Topik kegiatan yaitu Sistem Keamanan BSPD dan SDC pada Mobil Formula Anargya ITS EV
 - Tahun 2018 hingga 2020 dan dilaksanakan di Pusat Unggulan Iptek Sistem Kontrol Otomotif ITS, Surabaya.
- 2) Naskah ini belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dalam bentuk prosiding maupun jurnal sebelumnya.

Demikian Surat Pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran tanpa paksaan pihak manapun juga untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 15 Februari 2021

Yang menyatakan,



Muhammad Faris Zuhairi

NRP. 07111940000164