

# **Dokumentasi Mobil Listrik FSAE UII**

## **2019**

**Divisi Elektrik**

**ditulis oleh :**  
**Muhammad Zharfan Wiranata**  
**dkk**

**UASC Racing Team**  
**2019**

# Copyright Page – No Invariants

Copyright(C) 2019 Muhammad Zharfan Wiranata

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

# Daftar Isi

Copyright Page – No Invariants.....	2
1Sistem Mobil Listrik FSAE UII 2018.....	5
1.1Spesifikasi Elektrik Mobil.....	6
1.2Sistem mobil secara umum.....	6
2Rangkaian Sistem Traktif.....	7
2.1Rangkaian Sistem Traktif.....	8
2.2Spesifikasi Fuse.....	8
3Sistem Shutdown (Shutdown System).....	9
3.1Rangkaian Sistem Shutdown.....	10
3.2Wiring.....	12
3.3IMD.....	12
3.4BSPD.....	13
3.5BMS.....	16
4Sistem Safety.....	17
4.1TSAL (Tractive System Active Light).....	18
4.1.1Rangkaian TSAL.....	18
4.1.2Lokasi TSAL.....	19
4.2Titik Pengukuran (Measurement Point).....	19
4.2.1Lokasi Titik Pengukuran.....	20
4.2.2Proteksi Titik Pengukuran.....	20
4.2.3Resistor Titik Pengukuran.....	20
4.2.4Lokasi Resistor Proteksi Titik Pengukuran.....	20
4.2.5Demonstrasi TSMP.....	20
4.3HVD (High Voltage Disconnect).....	21
4.3.1Spesifikasi HVD.....	21
4.3.2Lokasi HVD.....	21
4.3.3Koneksi HVD.....	22
4.3.4Demonstrasi HVD.....	22
4.4Rangkaian Discharge.....	22
4.4.1Spesifikasi komponen rangkaian discharge.....	22
4.4.2Kontrol rangkaian discharge.....	23
4.4.3Demonstrasi Discharge.....	24
5Akumulator.....	25
5.1Rangkaian Akumulator.....	26
5.2Cell.....	26
5.2.1Konfigurasi Elektrik Cell.....	27
5.3Segments.....	28
5.4Rangkaian Precharge.....	28
5.4.1Kontrol Rrangkaian Precharge.....	29
5.5BMS.....	30
5.5.1BMS Specifications.....	30
5.5.2Temperature Sensors.....	31
5.5.3BMS Voltage Sense Leads.....	31
5.5.4BMS Voltage Sense Lead Overcurrent Protection.....	32
5.5.5BMS Limits.....	32
5.6AIR.....	32
5.6.1AIR Specifications.....	32
5.7Accumulator Indicator.....	33
5.7.1Accumulator Indicator Schematic.....	33
5.8Mekanis Akumulator.....	33

5.8.1	Accumulator Enclosure.....	35
5.8.2	AIR and Fuse Separation.....	35
5.9	Charging.....	35
5.9.1	Charger Specifications.....	35
5.9.2	Charging Shutdown Circuit.....	36
5.9.3	Rangkaian Charging Sistem Traktif.....	36
5.9.4	Charger TS Connection Interlock.....	36
5.9.5	Charger Control.....	36
5.9.6	Charger Demonstration.....	36
6	Power Distribution Module (PDM).....	38
6.1	Sumber Daya.....	39
6.2	Rangkaian PDM.....	39
6.3	Distribusi Daya.....	41

# 1 Sistem Mobil Listrik FSAE UII 2018



---

## Deskripsi tentang Sistem Mobil Listrik Secara Umum

**Normal**

**Kontributor :**

**Dokumentasi**

**Desain**

**Manufaktur**

Muhammad Zharfan Wiranata

M Fanriado

Kristamayu

Rudi Arta Ardian

-

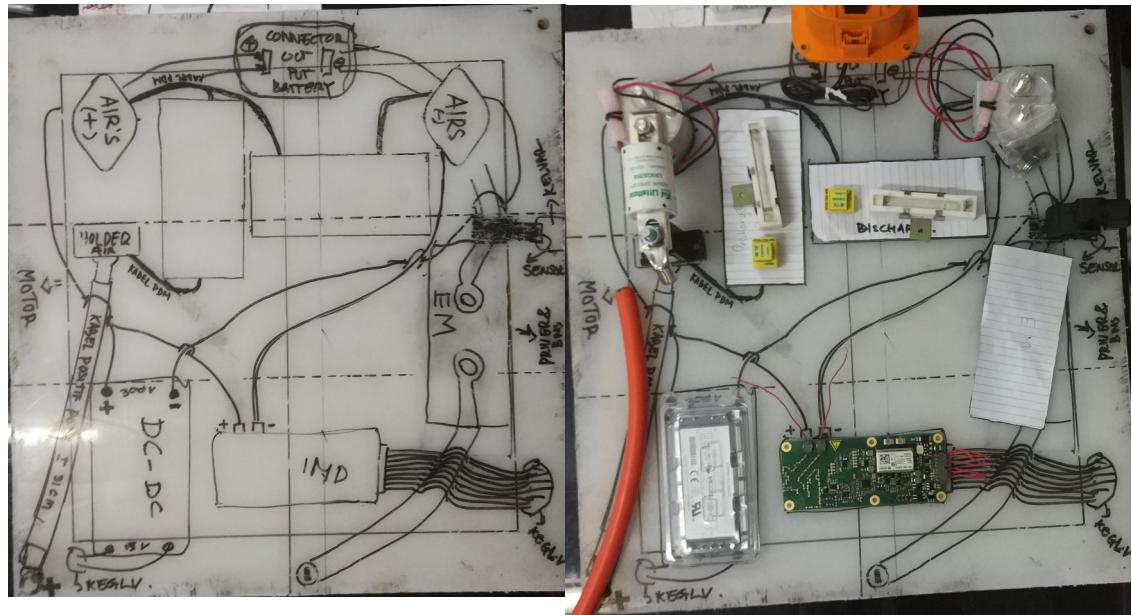
## 1.1 Spesifikasi Elektrik Mobil

Sistem elektrik mobil dibagi menjadi dua sub sistem. Sistem tegangan rendah adalah sistem yang 12 VDC yang disuplai oleh baterai/aki lead acid dan akumulator 320 VDC menggunakan DCDC Converter Isolated. Sistem lainnya merupakan sistem tegangan tinggi atau sistem traktif yang hanya disuplai oleh akumulator 320VDC. Dan Mobil menggunakan BLDC Motor yang dilengkapi dengan Motor Controller berdaya 80 kW

Maximum Tractive System Voltage:	320VDC
Nominal Tractive System Voltage:	281.2VDC
Grounded Low Voltage System Voltage:	12VDC
Number of Accumulator Containers:	1
Total Accumulator Capacity:	10kWh
Motor Type:	Axial flux synchronous permanent magnet motor/generator; sinusoidal three phase
Number of Motors:	1
Maximum Combined Motor Power:	80kW

## 1.2 Sistem mobil secara umum

## 2 Rangkaian Sistem Traktif



---

Rangkaian Traktif merupakan rangkaian aliran daya untuk menjalakan motor dengan kontroller dengan tegangan diatas 60V.

**Kontributor :**  
**Dokumentasi**

Muhammad Zharfan Wiranata

Refhan Naparin

Muhammad Dzulfiqar

Akhid Sulthoni

Refhan Naparin

Muhammad Dzulfiqar

Muhammad Zharfan Wiranata

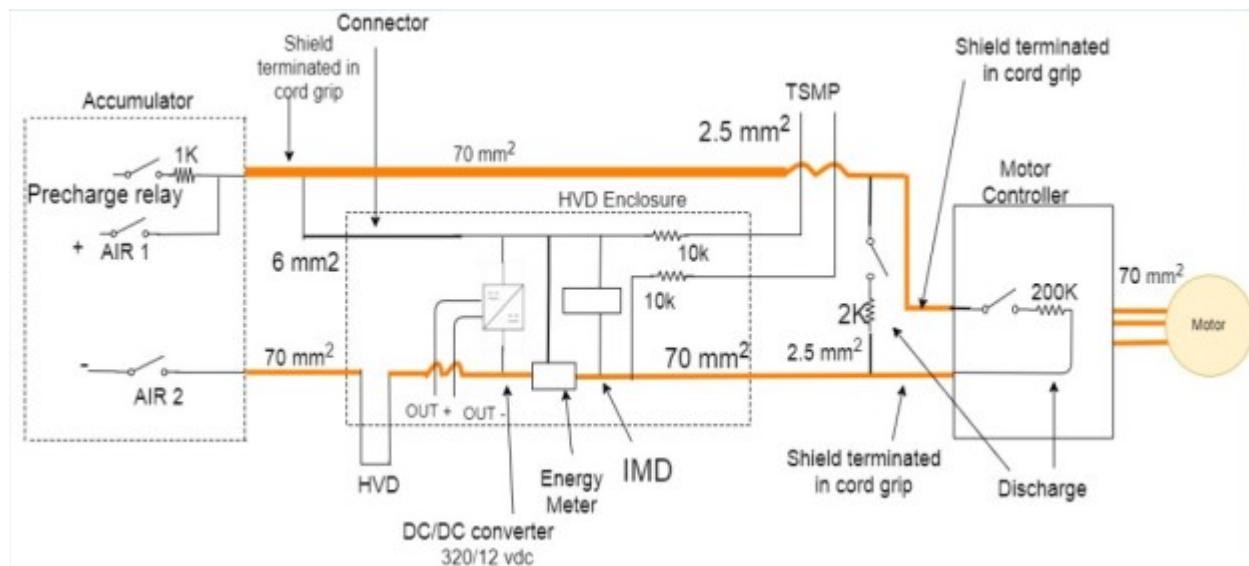
Refhan Naparin

Muhammad Dzulfiqar

**Desain**

**Manufaktur**

## 2.1 Rangkaian Sistem Traktif



Gambar 1: Rangkaian Sistem Traktif

## 2.2 Spesifikasi Fuse

Fuse Location	Current Rating	Voltage Rating	Interrupt Rating	Datasheet
Shielded Copper Cable to HVD	250 A	500 V	50 kA	<a href="#">Datasheet</a>
PCB for voltage sense	500mA	24 V	1 A	<a href="#">Datasheet</a>
Pole positive to AIR (Tyco EV200)	250 A	500 V	50 kA	<a href="#">Datasheet</a>

### 3 Sistem Shutdown (Shutdown System)



---

Sistem shutdown merupakan salah satu sistem proteksi pada mobil listrik yang mengendalikan AIR (Accumulator Insulation Relay) yang terhubung dengan rangkaian traktif, dan sebagai *ignition* pada proses *discharge* pada rangkaian traktif.

Kontributor :

Dokumentasi

Desain

Manufaktur

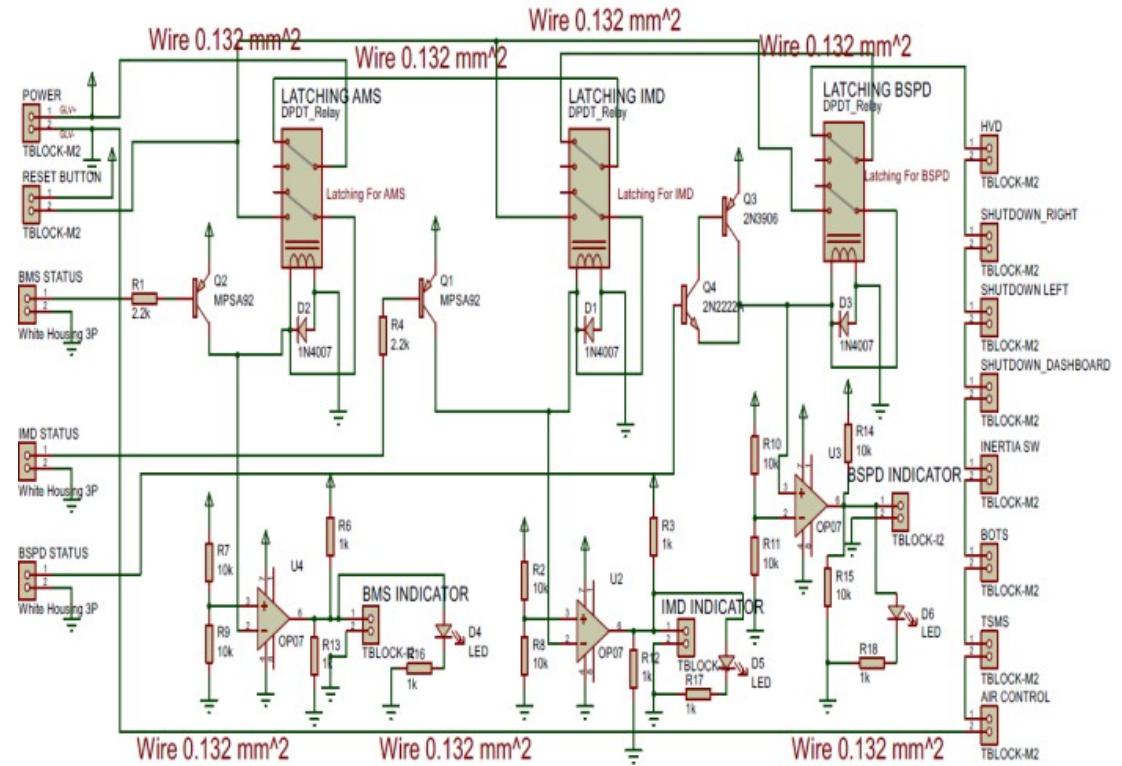
Muhammad Zharfan Wiranata

Muhammad Zharfan Wiranata

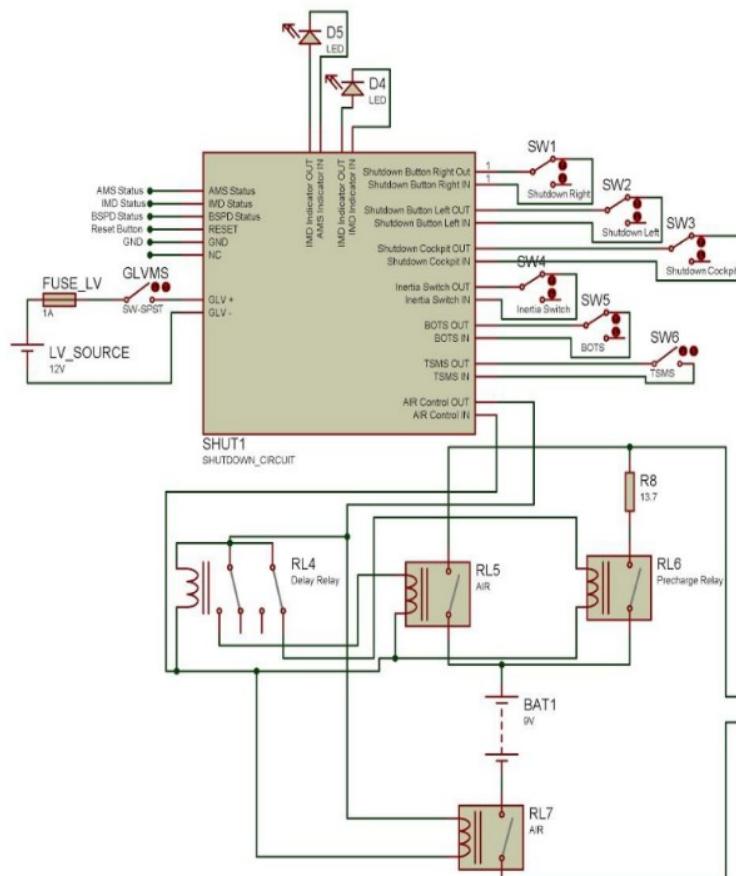
Muhammad Zharfan Wiranata

[pcbexpressjogja.com](http://pcbexpressjogja.com)

### 3.1 Rangkaian Sistem Shutdown



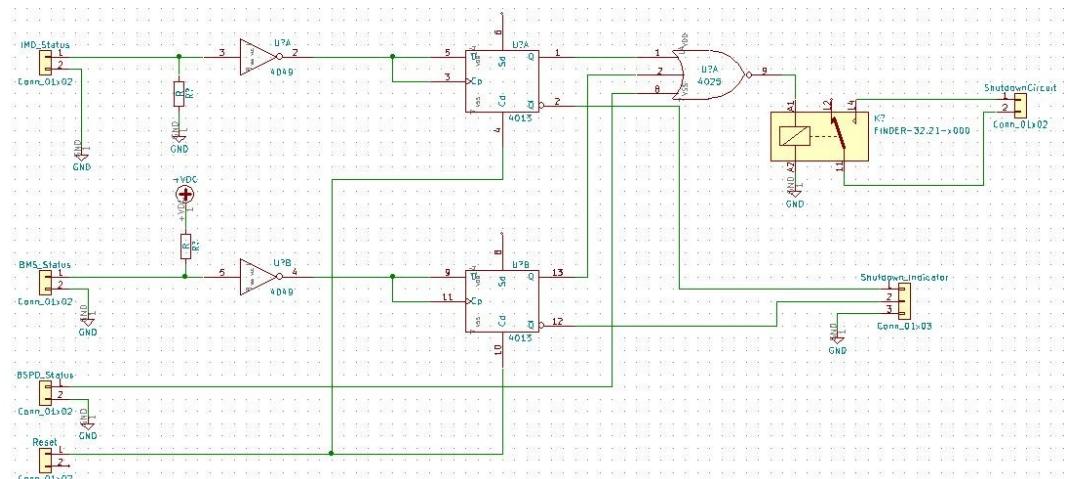
Gambar 2: Rangkaian Sistem Shutdown 1



Gambar 3: Rangkaian Lengkap dari shutdown System 1

Skematik pada Gambar 1 merupakan rangkaian shutdown system untuk mengendalikan kontaktor pada AIR yang terhubung dengan *tractive system*. Rangkaian menggunakan relay SPDT untuk interlock IMD, AMS dan BSPD. Relay diatas di drive dengan transistor *pnp* yang dipicu dari IMD, AMD, dan BSPD. Selanjutnya rangkaian tersebut dilengkapi dengan indikator setiap *interlock*, karena hanya menggunakan sebuah tombol reset. Selain *interlock* tersebut terdapat 7 switch yang digunakan(HVD, Shutdown right, Shutdown left, Shutdown dashboard, inertia switch, BOTS, dan TSMS) dan setiap switch terhubung *Normally Close(NC)*. Skematik rangkaian diatas digunakan pada mobil FSAE UII untuk SFJ 2018 dan telah diuji serta layak digunakan.

Pada rangkaian *shutdown system v1.0* semua relay *interlock* menggunakan *Normally Close(NC)* sehingga jika ada kerusakan pada rangkaian *drive* pada relay(contoh: transistor terbakar, saluran IMD/AMS/BSPD putus atau lainnya), rangkaian masih bisa menyalaikan *tractive system*. Tentu hal kejadian tersebut menjadi resiko besar, sehingga dibuat alternatif yang lain untuk *shutdown system* mobil selanjutnya. Selain itu untuk rangkaian BSPD juga masih perlu diperbaiki yang akan dibahas subbab (1.1.a). Oleh karena itu, perlu rangkaian shutdown pada Gambar 1 perlu diganti dengan rangkaian seperti pada Gambar 3.



Gambar 4: Shutdown system v2

Rangkaian *shutdown system 2* pada Gambar 3 masih dalam bentuk simulasi, namun secara simulasi lebih baik dari pada *shutdown system v1.0*, karena untuk switch *interlock* menggunakan kaki *Normally Open (NO)*. Dan juga pada rangkaian tersebut menggunakan IC logic CMOS 12 volt, sehingga aliran tidak perlu regulator. *Shutdown system v2.0* tidak akan mengaktifkan *tractive system* jika saluran IMD, AMS, dan BSPD putus atau bahkan rangkaian untuk drive *relay*(transistor mosfet, IC 40xx series, dll) rusak atau bermasalah. Sama seperti *shutdown system v1.0*, rangkaian hanya menggunakan sebuah reset dan setiap *interlock* memiliki indikator.

## 3.2 Wiring

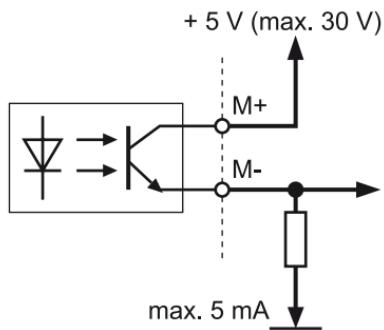
## 3.3 IMD

IMD merupakan perangkat untuk monitoring resistansi antara *chassis/ground* dan pole negatif dari *tractive system*. IMD memiliki 2-3 Output, namun untuk rangkaian *shutdown system*, hanya menggunakan sebuah output yakni  $OK_{HS}$  pada pin 7, karena IMD yang digunakan pada EV FSAE UII sesuai dengan *datasheet* yang telah diberikan. Untuk lebih jelas tentang spesifikasi IMD yang digunakan, terdapat pada tabel dibawah ini

Make / Model	Bender IR155
Supply voltage	12 VDC
Environmental temperature range:	-40 ... +105°C
Self-test interval:	after power on and every 5 minute
High voltage range:	DC 0..800V
Set response value:	200kΩ (500Ω/Volt)
Max. operation current:	150mA
Approximate time to shut down at 50% of the response value:	5s
Datasheet	Datasheet

Tabel 1: Spesifikasi IMD

Berdasarkan *datasheet* IMD memiliki rangkaian internal pada pinout IMD seperti illustrasi dibawah ini, ( $OK_{HS}$  mengikuti rangkaian M-)



Gambar 5: Rangkaian internal output IMD

Oleh karena itu keluarannya di pulldown dengan resistor 2.2K ohm. Kemudian jika resistansi antara *chassis/ground* dan pole negative *tractive system* dibawah standar resistansi IMD, maka output tersebut akan berlogika 0, begitu pula sebaliknya. Sehingga untuk pada *interlock* IMD untuk *shutdown system v1.0* menggunakan rangkaian seperti pada Gambar,

Kemudian batasan standar resitansi antara *chassis/ground* dan HV pada mobil listrik FSAE UII 2018 adalah 80k Ohm. Nilai resistansi ini berdasarkan aturan EV5.5 dimana untuk mobil tersebut memiliki 320 Volt, sehingga mobil harus IMD dengan nilai responnya adalah 500ohm/volt yang artinya untuk pada mobil tersebut memiliki respon ketika bernilai 160k ohm. Selanjutnya untuk pengujian IMD, Mobil menggunakan resistor senilai setengah dari nilai respon yang telah disebutkan sebelumnya. Untuk pengujian IMD tersebut, langkah kerja IMD adalah sebagai berikut:

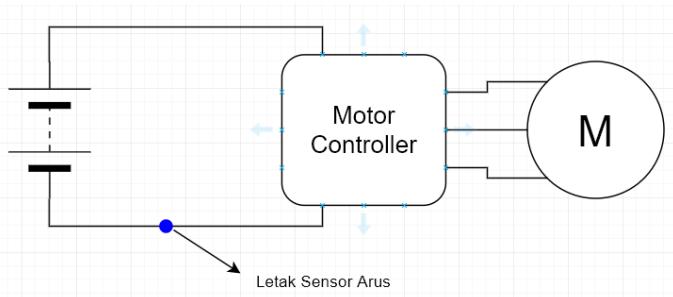
1. sistem LV menyala terlebih dahulu, kemudian IMD menyala dan terhubung dengan HV serta tidak tedeteksi kesalahan pada IMD.
2. Kemudian pada *Technical Inspection*, maka digunakan resistor 80k ohm untuk menghubungkan antara GLV dan -HV
3. Setelah terdeteksi kesalahan, output  $OK_{HS}$  akan *active low* atau berlogika nol
4. Kemudian dengan rangkaian *shutdown system* diatas, maka akan terjadi *interlock* dan menahan kondisi sampai tombol *reset* ditekan. (Tombol *reset* tidak boleh mudah diakses oleh driver)

## 3.4 BSPD

Berdasarkan rule *EV5.6 Brake System Plausibility Device (BSPD)*

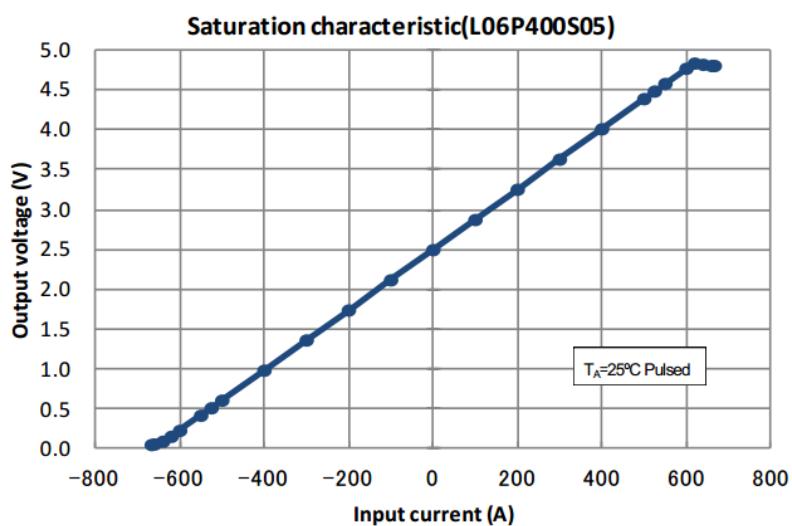
*"A standalone non-programmable circuit must be used on the car such that when braking hard (without locking the wheels) and when a positive current is delivered from the motor controller (a current to propel the vehicle forward), the AIRs will be opened. The current limit for triggering the circuit must be set at a level where 5kW of electrical power in the DC circuit is delivered to the motors at the nominal battery voltage. The action of opening the AIRs must occur if the implausibility is persistent for more than 0.5sec. This device must be provided in addition to the plausibility checks which are carried out by the controller which interprets the drivers torque request and delivers torque to the wheels. See also EV5.1.4 and EV5.1.5 regarding the re-activation of the tractive system after triggering of the BSPD."*

Berdasarkan aturan tersebut, didapat BSPD dibuat dengan rangkaian elektronik non-programmable(contoh:dibuat tanpa mikrokontroller, mikroprocesser, atau lainnya yang dapat diprogram). BSPD terjadi ketika *braking hard* dan arus dari arah motor controller ke pole negative battery(letak sensor bisa dilihat di gambar 10) memiliki daya lebih dari 5kW. Kondisi BSPD ini harus mematikan *tractive system*/membuka hubungan AIR/*Shutdown circuit* terhubung terbuka dan terjadi *interlock* jika muncul lebih dari 0.5 seconds. Selanjutnya untuk mengaktifkan kembali *tractive system*, harus menekan tombol *reset* seperti mematikan tombol *reset* pada *interlock* lainnya.



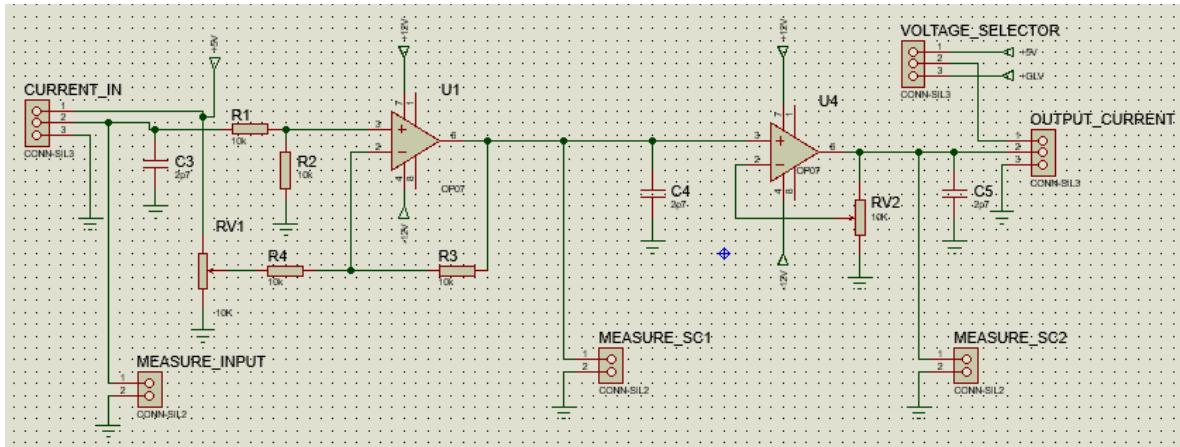
Gambar 6: Letak posisi sensor arus untuk BSPD

Pada rangkaian BSPD ini, Mobil FSAE UII gen 1 menggunakan sensor arus L06P400S05 produk dari Tamura. Sensor tersebut mampu membaca arus DC dan AC dengan jangkauan effektif dari -400 A sampai +400 A dengan keluaran tegangan dengan jangkauan dari +1V – 4V ilustrasi grafik antara arus yang diukur dengan output tegangan.



Gambar 7: Hubungan antara arus dan tegangan keluaran pada sensor L06P400S05

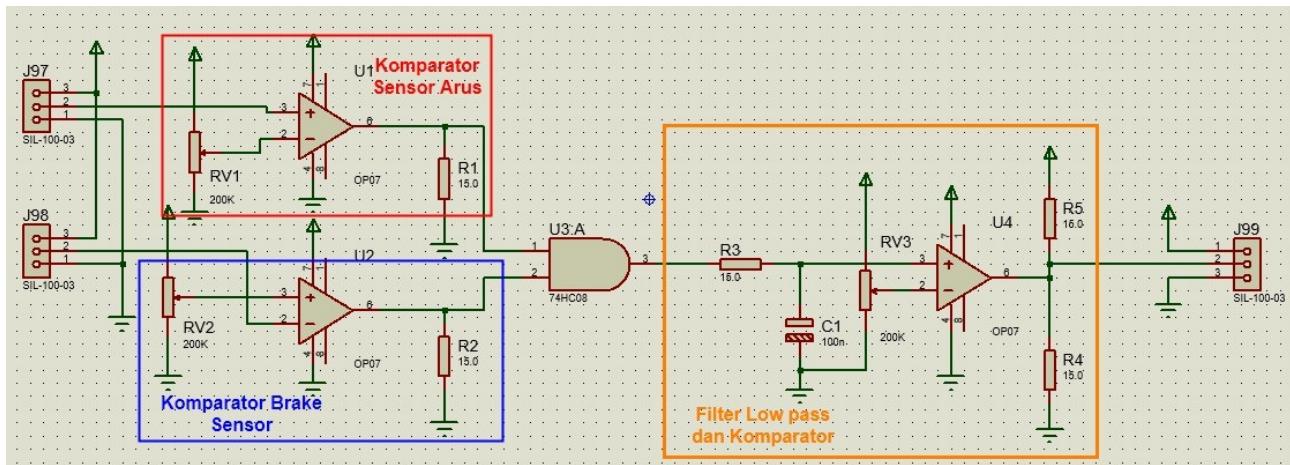
Mobil FSAE UII gen 1, menggunakan battery 320V sebagai tegangan nominal, sehingga untuk mencapai 5 kW maka arus yang lewat adalah 15A. Namun dengan nilai arus tersebut dengan menggunakan sensor L06P400S05 akan memiliki perubahan yang sangat kecil sehingga diperlukan pengkondisi sinyal khusus pembacaan sensor agar mencapai resolusi yang lebih besar. Rangkaian penkondisi sinyalnya adalah sebagai berikut



Gambar 8: Pengkondisi sinyal keluaran sensor arus

Pengkondisi sinyal diawali dengan rangkaian *differential* untuk menurunkan offset tegangan output pada sensor arus. Offset tersebut dapat diubah sesuai keperluan menggunakan potentio pada RV1, namun pada rancangan mobil FSAE UII gen 1, offset pada sensor arus diturunkan sehingga ketika tidak ada arus yang lewat(0 A), maka output tegangan adalah 0 Volt. Dan selanjutnya dikuatkan sesuai keperluan dengan mengatur potensio RV2 setelah itu output akan masuk ke rangkaian BSPD atau rangkaian lainnya untuk dimanipulasi.

Selanjutnya pada rangkaian BSPD, sesuai dengan aturan EV5.6, maka rangkaian v1 pada BSPD seperti dibawah ini

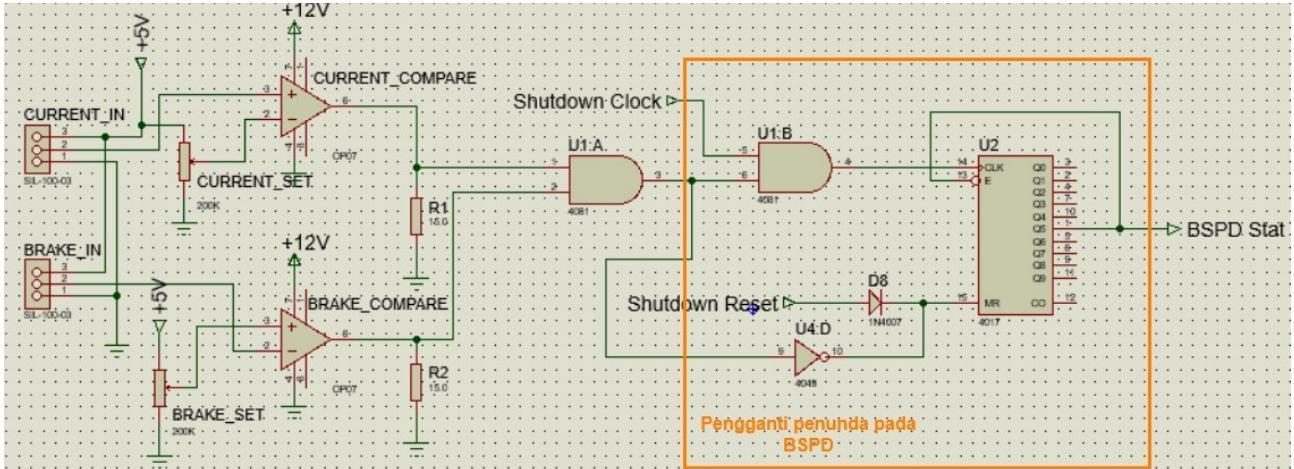


Gambar 9: Rangkaian BSPD v1 beserta penjelasan fungsinya

Rangkaian *BSPD v1* diatas terdapat komparator arus dan komparator Brake yang kemudian masuk pada gerbang AND untuk output berupa status *BSPD* sementara. Selanjutnya output tersebut terhubung dengan *low-pass filter* yang dilengkapi dengan komparator untuk menunda selama 0.5s yang bisa diatur pada potentio RV3 pada rangkaian. Dan output pada keluaran komparator menjadi output *BSPD* yang akan digunakan pada rangkaian *shutdown system v1*.

Namun rangkaian *BSPD v1* masih memiliki kelemahan yang tidak dinginkan pada filter dan komparator untuk menunda selama 0.5s. Hal ini dikarenakan waktu menunda

tergantung pada proses *charge/discharge* pada kapasitor filter. Sehingga output pada BSPD tersebut tidak menunda tepat 0.5s. Oleh Karena itu perlu perbaikan untuk waktu penundaannya, maka untuk perbaikan tersebut maka didapat desain seperti dibawah ini



Gambar 10: Rangkaian BSPD v2 dengan penjelasan fungsinya

Pengganti rangkaian BSPD ini menggunakan gerbang logika CMOS 40xx series sehingga dapat menggunakan logika dengan level 12 volt. Dan untuk penundaan waktunya menggunakan *shutdown clock* dengan frekuensi 10Hz yang akan memberinya *counter*. Selanjutnya output pada BSPD terdapat pada kaki Q5 pada *counter* yang akan diteruskan ke rangkaian *shutdown circuit* v2.

### 3.5 BMS

BMS yang digunakan untuk mobil merupakan ORION BMS, sehingga output BMS yang digunakan *shutdown system* adalah pin *multi purpose output* pada pin ke 23. Rangkaian output secara internal di ilustrasikan pada gambar xx

Dengan rangkaian tersebut, maka untuk memanfaatkan output tersebut untuk memicu *interlock* pada *shutdown system* maka digunakan rangkaian seperti dibawah ini

Sinyal *multi purpose output* pada ORION BMS sejatinya bisa diatur pada aplikasi desktop yang disediakan oleh ORION BMS, namun pada rangkaian *interlock* diatas telah diatur bahwa output keluaran ORION BMS tersebut ketika terjadi kesalahan adalah *active low*.

## 4 Sistem Safety



---

Sistem Safety/keamanan merupakan sistem proteksi pada mobil listrik berupa indikator pada mobil listrik serta proses pengamanannya mulai dari rangkaian sistem traktif di beri tegangan tinggi sampai tanpa diberi tegangan.

**Kontributor :**

**Dokumentasi**

**Desain**

**Manufaktur**

Muhammad Zharfan Wiranata

Muhammad Zharfan Wiranata

Akhid Sulthoni

Muhammad Zharfan Wiranata

Akhid Sulthoni

[pcbexpressjogja.com](http://pcbexpressjogja.com)

## 4.1 TSAL (Tractive System Active Light)

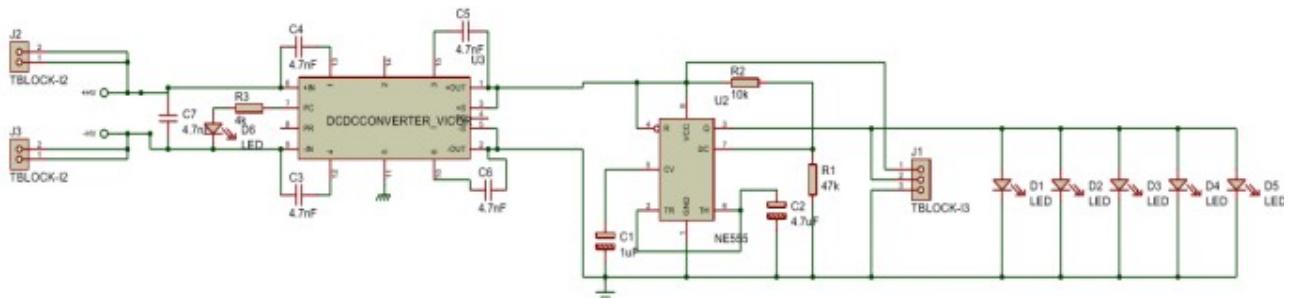
TSAL (*Tractive System Active Light*) merupakan indikator *tractive system* pada mobil. Indikator ini sangat penting untuk menandakan bahwa pada rangkaian traktif telah memiliki tegangan tinggi (HV). Kemudian, lampu tersebut harus sangat jelas dari kejauhan oleh karena itu desain TSAL pada mobil FSAE UII 2018 mengikuti aturan FSAE EV4.12 dan SFJ EV 2018. Spesifikasi TSAL bisa dilihat pada tabel dibawah ini

Make/Model:	LED Strip
Color:	Merah
Flash Rate:	3Hz
Sumber daya :	HV (High Voltage) / Sistem Traktif
Dikendalikan oleh :	Sistem Traktif memiliki <i>Isolated DC-DC Converter</i> yang dapat digunakan sebagai sumber daya dari TSAL. <i>DCDC Converter</i> tersebut dipicu oleh sistem traktif yang merupakan terhubung pada inputnya. <i>DCDC Converter</i> tersebut hanya nyala ketika terdapat tegangan antara 180V-370V pada sistem traktif.
TS Turn On Voltage:	60 ms
TS Turn Off Voltage:	58 ms

Tabel 2: Spesifikasi TSAL

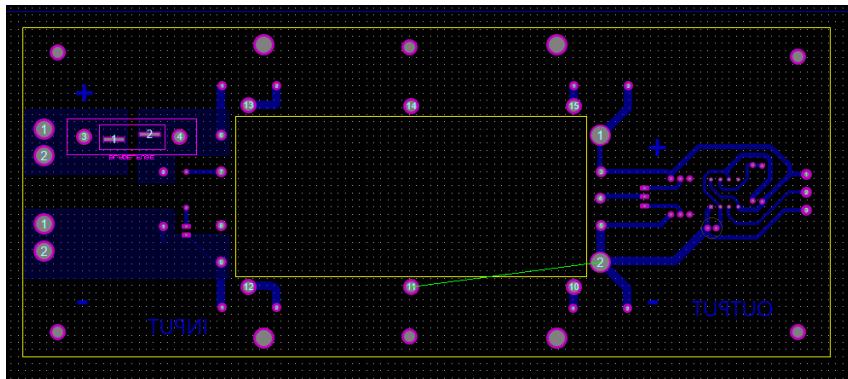
### 4.1.1 Rangkaian TSAL

TSAL menggunakan sebuah *Isolated DC-DC Converter* dari Vicor dengan seri V300A15C500BL. Selanjutnya dengan menggunakan rangkaian pendekat untuk membuat indikator *tractive system*. Namun rangkaian ini belum ditest perihal keaktifan DCDC Converter tersebut.



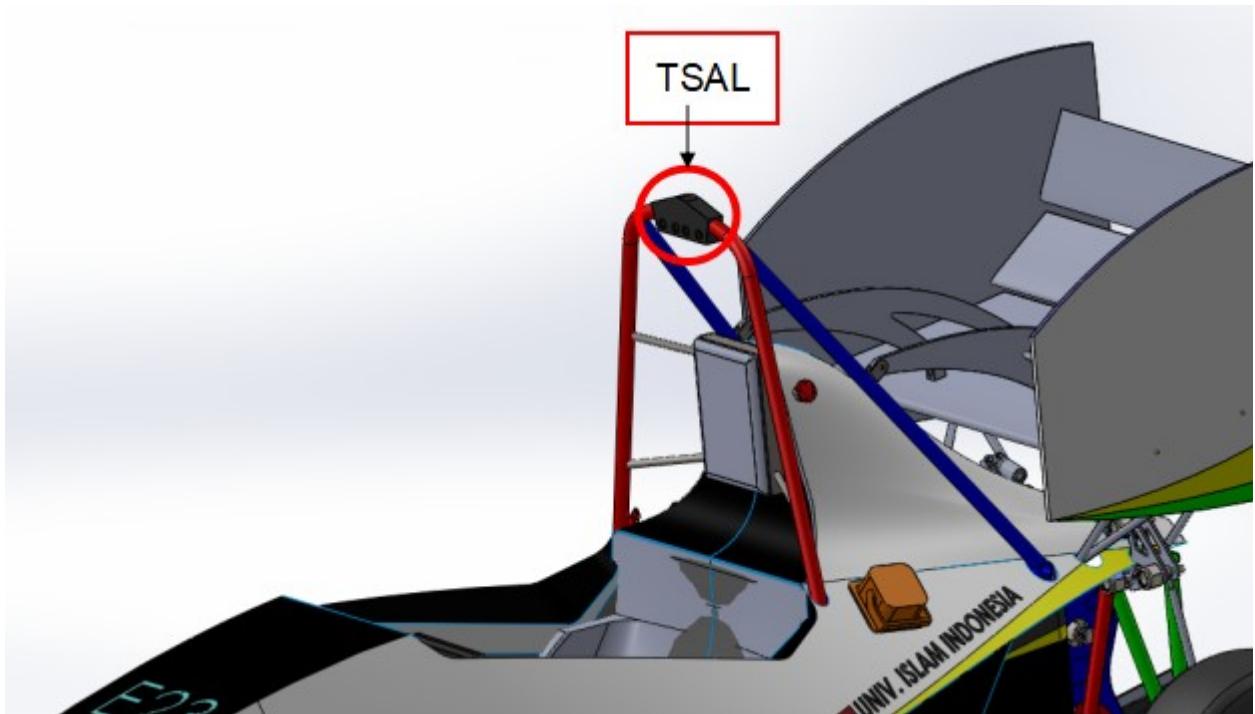
Gambar 11: Rangkaian TSAL pada Mobil Listrik UII 2018

Lampu indikator yang digunakan merupakan lampu strip LED merah dengan tegangan 12 volt.



Gambar 12: Layout TSAL

#### 4.1.2 Lokasi TSAL



Gambar 13: Lokasi TSAL pada mobil

#### 4.2 Titik Pengukuran (Measurement Point)

Titik pengukuran merupakan titik yang tersedia yang digunakan untuk mengukur tegangan, insulation, dan lain-lain untuk keperluan *technical inspection*. Titik tersebut harus dilindungi dengan baik karena terdapat tegangan HV serta GLV yang harus disediakan. Desain Titik pengukuran mengikuti EV x.x

Model:	Pomona Electronics Model 6387
Rating Tegangan:	1000V
Datasheet:	Datasheet

Tabel 3: Spesifikasi Titik pengukuran yang digunakan

## **4.2.1 Lokasi Titik Pengukuran**

## **4.2.2 Proteksi Titik Pengukuran**

Pada saat Electrical Inspection, TSMP ditutup dengan sebuah penutup yang dibuat dengan 3D print. Penutup tersebut didesain untuk mudah dipasang dan diambil namun tetap melindungi TSMP dari air. Dibalik TSMP akan diberikan lem atau diberikan seal sehingga air tidak masuk melalui permukaan banana jack.

## **4.2.3 Resistor Titik Pengukuran**

Make / Model:	Resistor
Resistance:	10,000Ω
Voltage Rating:	320V
Power Rating:	5W
Datasheet:	Datasheet

*Tabel 4: Spesifikasi resistor titik pengukuran*

## **4.2.4 Lokasi Resistor Proteksi Titik Pengukuran**

## **4.2.5 Demonstrasi TSMP**

1. Nyalakan sistem LV dengan memutar Master switch LV
2. Buka Tutup TSMP
3. Mulai mengukur resistansi dari resistor discharge dan tegangan TS ketika mobil pada kondisi mati
4. Putar Master Switch HV/TS dan pada step ini diindikasikan dengan lampu merah pada TSAL
5. Mulai mengukur tegangan traktif ketika mobil pada kondisi menyala
6. Setelah semua titik pengukuran sistem traktif (TSMP) telah diukur, putar kembali master switch HV/TS , dan putar kembali master switch LV
7. kemudian tutup semua titik pengukuran.

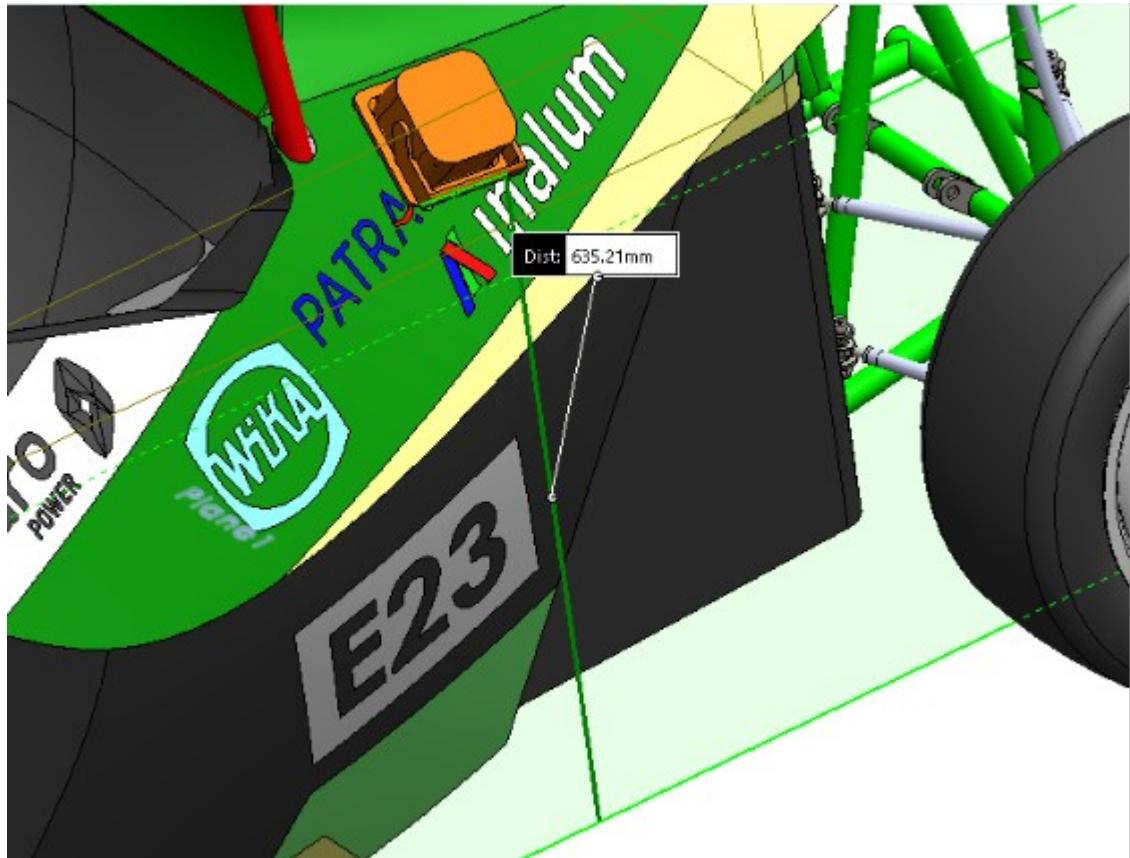
## 4.3 HVD (High Voltage Disconnect)

### 4.3.1 Spesifikasi HVD

Make / Model:	AMP+ Manual Service Disconnect
Ampacity:	350A
Voltage rating:	700VDC
Datasheet:	<a href="#">Datasheet</a>

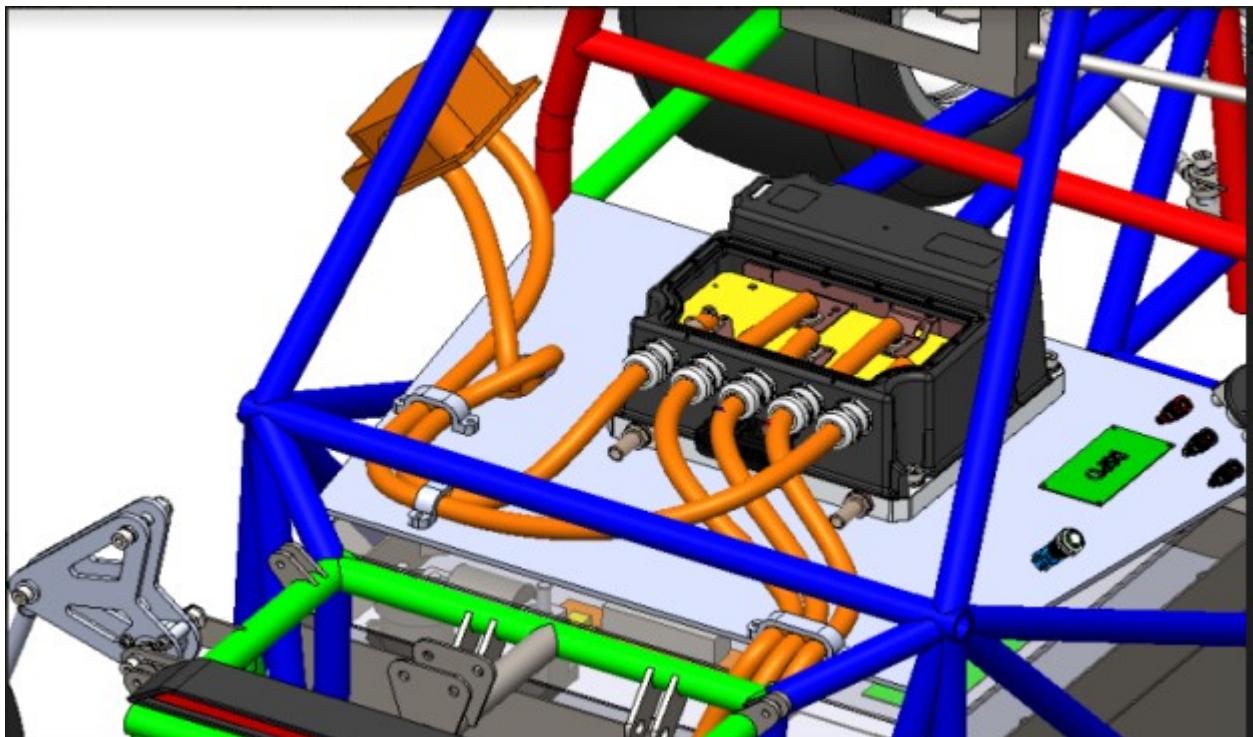
Tabel 5: Spesifikasi HVD

#### 4.3.2 Lokasi HVD



Gambar 14: Lokasi HVD beserta jaraknya dari bawah

#### 4.3.3 Koneksi HVD



Gambar 15: Koneksi HVD dengan yang lainnya

#### 4.3.4 Demonstrasi HVD

Konektor HVD di letakkan pada belakang mobil di samping sebelah kiri dan diatas akumulator diletakkan. HVD dipasang dengan jarak 350mm dari tanah sehingga mudah untuk dilihat. Jika HVD dilepas, maka sistem traktif akan shutdown dan akan membuka AIR. HVD dapat dilepas kurang dari 10 detik dan juga dipasang tanda "HVD".

## 4.4 Rangkaian Discharge

#### **4.4.1 Spesifikasi komponen rangkaian discharge**

Make / Model:	Liwang / RX27-4-30
Resistance:	2KΩ
Voltage:	1000V
Power:	30W
Power @15sec:	80W
Datasheet	Datasheet

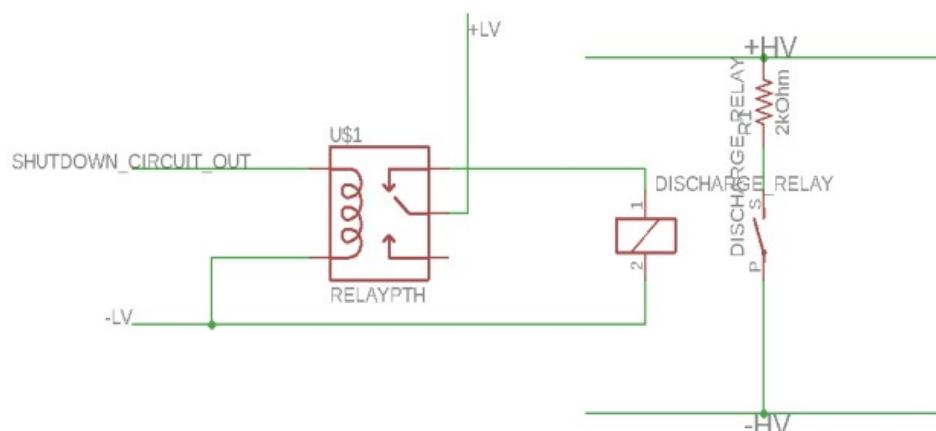
Tabel 6: Spesifikasi resistor discharge

Make / Model:	Tyco EV200 Contactor 500AMP 320V
Contact Current Rating:	500A
Contact Voltage Rating:	320V
Datasheet:	<a href="#">Datasheet</a>

Tabel 7: Spesifikasi kontaktor discharge

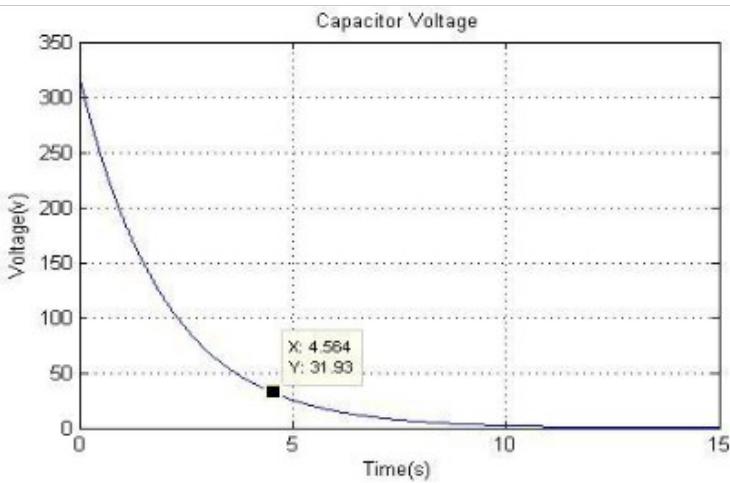
#### **4.4.2 Kontrol rangkaian discharge**

Relay Discharge akan terhubung jika AIR terbuka atau rangkaian shutdown terbuka. Karena relay discharge berjenis SPST yang berkondisi NO ketika OFF, maka kontrol pada relay discharge digambarkan pada skematik di Gambar 15.



*Gambar 16: Rangkaian Kontrol pada discharge*

Rangkaian HV memiliki sifat kapasitif bernilai 1mF (berasal dari kapasitor internal motor controller) sehingga dengan menyesuaikan aturan yang harus dibawah 60V dibawah 5 detik, maka pada rangkaian ini menggunakan resistor senilai 2000 ohm.

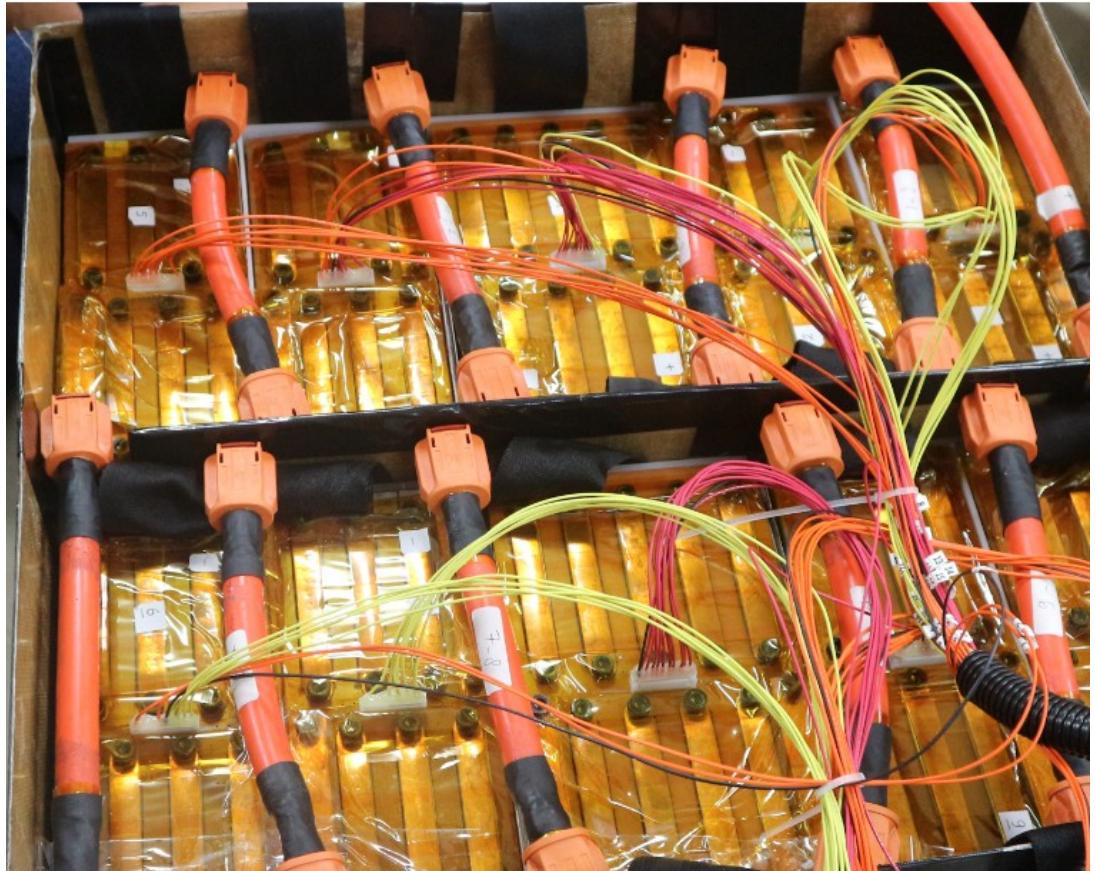


Gambar 17: Grafik tegangan pada rangkaian traktif pada proses discharge

#### 4.4.3 Demonstrasi Discharge

1. Ketika Shutdown terhubung, Relay discharge akan terbuka
2. Kemudian ketika rangkaian shutdown terbuka, relay discharge terpicu dan akan men-discharge sifat kapasitif HV
3. Proses discharge akan membuat sifat kapasitif menjadi dibawah 60VDC dalam waktu kurang dari 5 detik.

## 5 Akumulator



---

Akumulator merupakan tampungan energi (*energy storage*) pada mobil listrik dalam bentuk baterai yang tersusun secara seri ataupun paralel. Tentu Rangkaian elektrik serta struktur mekanik pada akumulator yang digunakan harus sesuai dengan aturan FSAE 2018 dan SFJ 2018.

**Kontributor :**

**Dokumentasi**

Muhammad Zharfan Wiranata

Refhan Naparin

Muhammad Dzulfiqar

Akhid Sulthoni

M P H Fauzi

Muhammad Zharfan Wiranata

**Desain**

Akhid Sulthoni

Faiz Khairul Isbat

Muhammad Dzulfiqar

Muhammad Zharfan Wiranata

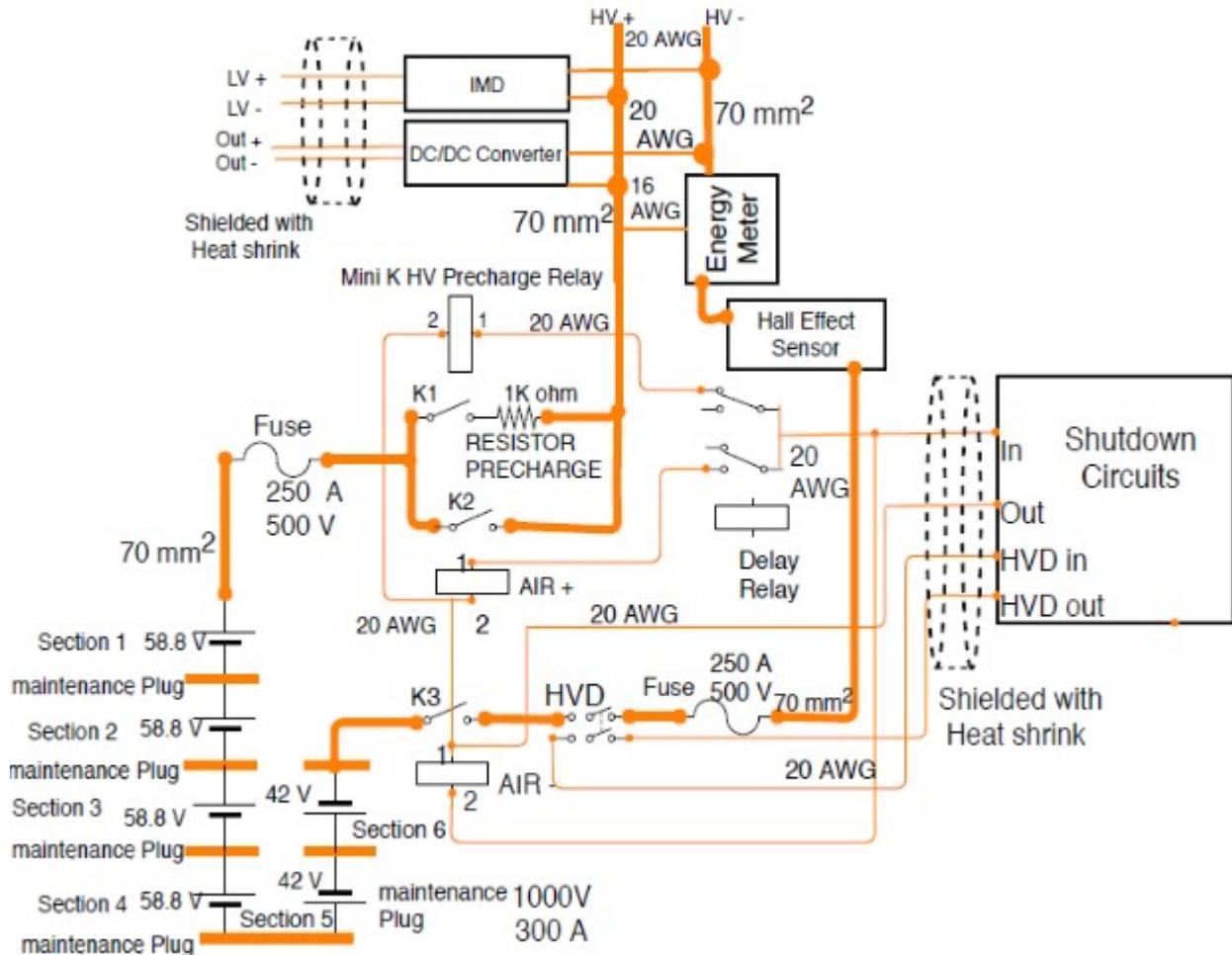
Refhan Naparin

M P H Fauzi

Jabar Lazuarde

**Manufaktur**

## 5.1 Rangkaian Akumulator



Gambar Rangkaian Akumulator

## 5.2 Cell

Cell Make / Model / Style:	KOKAM / SLPB78216216H / Pouch
Cell nominal capacity:	31.8 Ah
Maximum Voltage:	3.609 V
Nominal Voltage:	3.601 V
Minimum Voltage:	4.2 V
Maximum output current:	422 A for 10s
Maximum continuous output current:	187.5 A
Maximum charging current:	15 A
Maximum Cell Temperature (discharging)	75°C
Maximum Cell Temperature (charging)	85°C
Cell chemistry:	HP NMC

Tabel 8: Spesifikasi Cell

## 5.2.1 Konfigurasi Elektrik Cell

Konfigurasi elektrik cell pada mobil listrik FSAE UII 2018 berupa 76 cell yang semuanya terhubung dengan seri pada sebuah akumulator. Pengemasan akumulator berstandar material rating UL94 V-0, *internal fusing*, terdapat monitoring temperatur,dan . Akumulator yang didesain memiliki 10 Segments yang terhubung seri kabel AWG0 dengan *Maintanance Plug* RADLOCK. Pada setiap segments, setiap cell terhubung secara seri dengan menggunakan *busbar* yang dipasang menggunakan baut 3mm.



(a)

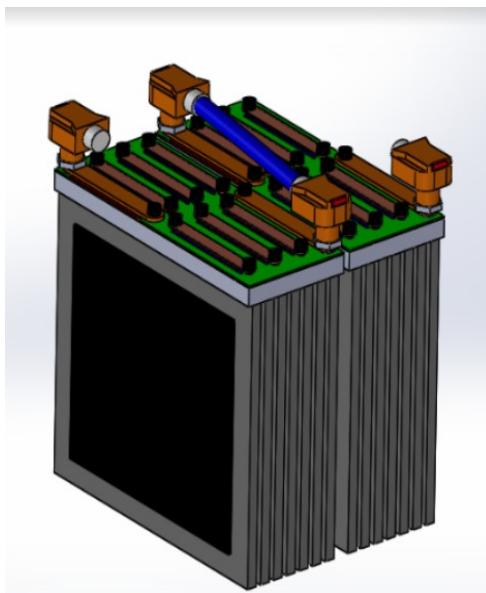
(b)

Gambar 18: Konfigurasi elektrik akumulator (a)konfigurasi yang salah (b) konfigurasi yang benar

## 5.3 Segments

Jumlah Segment	10
Cell setiap segment:	7 & 10
Konfigurasi Cell pada segment	7S & 10S
Energi yang terkandung pada segment:	3.36MJ & 4.8 MJ / 0.93 kWhr & 1.33 kWhr
Datasheet:	Datasheet

Tabel 9: Spesifikasi Segment



Gambar 20: Kumpulan Segment dengan isolasi akrilik

Gambar 19: Section dengan 2 Segment 7 cell

Segment dilindungi dengan akrilik, lakban kapton dan *firewall* dengan ketebalan 4mm untuk memisahkan satu segment dengan segment lainnya. Pada mobil listrik ini, setiap segment dihubungkan dengan konektor Amphenol RADLOCK.

Make / Model:	Amphenol Radlok / RL01001-50
Ampacity:	300A
Voltage:	1000V
Datasheet:	Datasheet

Tabel 10: Spesifikasi konektor antar segment

## 5.4 Rangkaian Precharge

Rangkaian Precharge merupakan rangkaian elektrik untuk proses charging pada sifat kapasitif pada sistem traktif untuk menghindari lonjakan arus yang terlampaui tinggi. Pada rangkaian ini perlu mengetahui beberapa persamaan tentang charging pada

kapasitor yang terlampir pada dokumentasi ini. Informasi lebih lanjut pada rangkaian precharge terdapat pada subbab dibawah ini.

Model:	Liwang / RX27-4-30
Resistansi:	1000Ω
Tegangan :	320V
Data :	30W
Daya @15 detik:	450 W
Datasheet	Datasheet

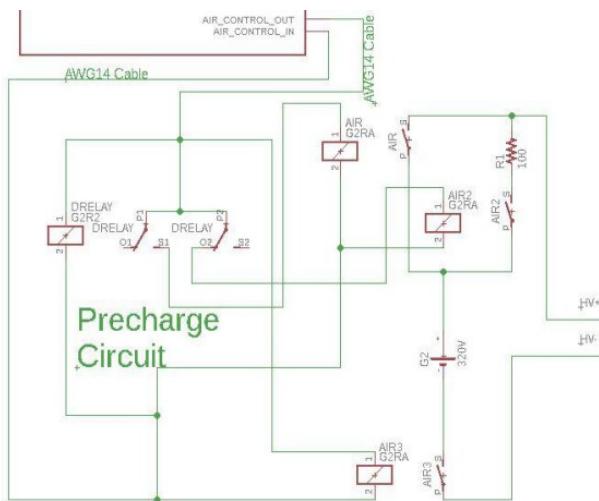
Tabel 11: Spesifikasi Resistor Precharge

Model:	Tyco EV200 Contactor 500AMP 320V
Rating Arus Kontak:	500 A
Rating Tegangan Kontak:	320V
Datasheet:	Datasheet

Tabel 12: Spesifikasi Kontaktor Precharge

#### 5.4.1 Kontrol Rangkaian Precharge

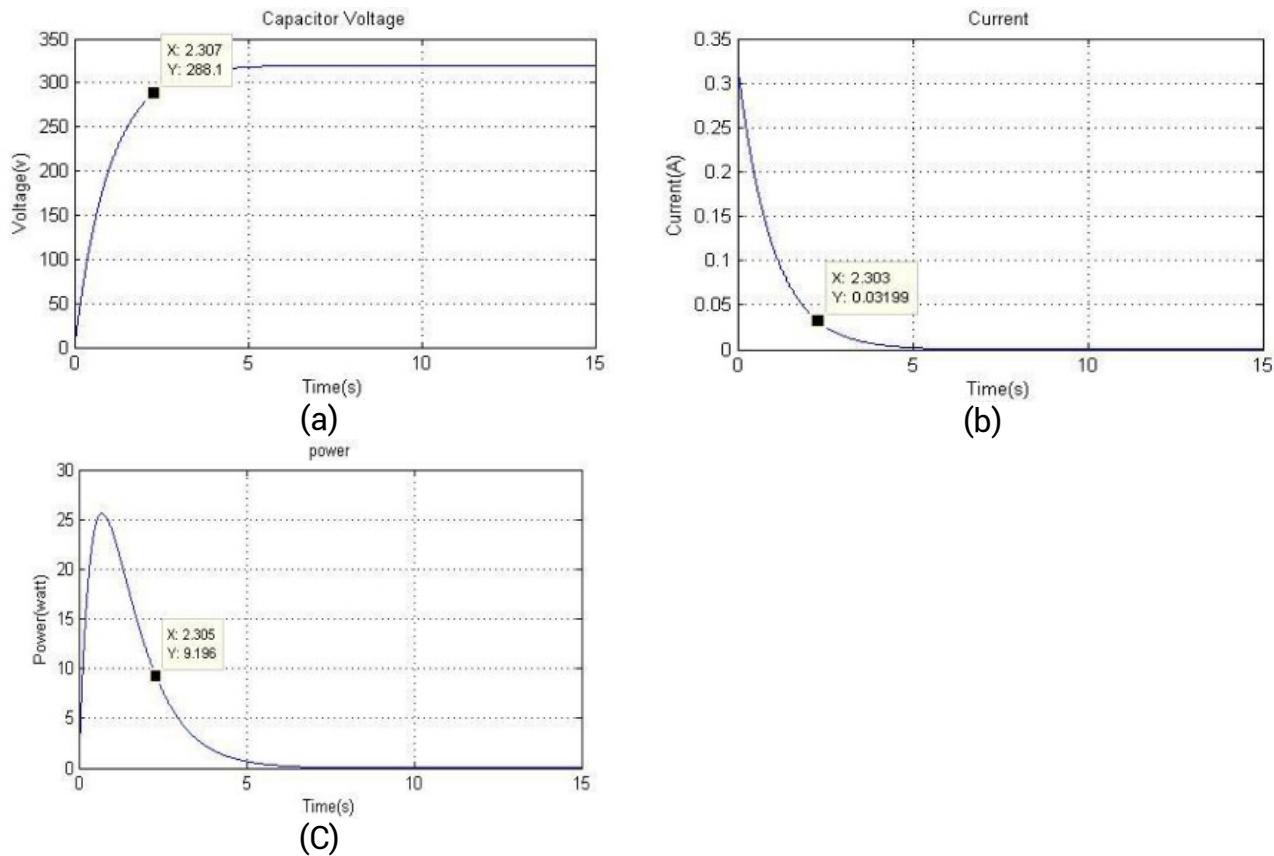
Urgensi proses precharge telah dijelaskan sebelumnya yang berguna untuk menghindari lonjakan arus yang tinggi. Sesuai dengan aturan EV-FSAE, Proses precharge dilakukan sampai rangkaian traktif pada mobil listrik mencapai 90-95% tegangan total baterai/akumulator. Rangkaian Precharge pada rangkaian mobil listrik FSAE UII 2018 mengikuti skematik dibawah ini



Gambar 21: Skematik rangkaian Precharge

Kontrol pada rangkaian precharge menggunakan Delay Relay OMRON H3Y-2 yang dimana koil terhubung dengan rangkaian shutdown untuk membuka AIRs dalam waktu tertentu. Jika diketahui sifat kapasitif pada rangkaian bernilai 1mF(Berasal dari

Kapasitor internal Motor Controller) dan resistor precharge bernilai 1k Ohm, maka grafik proses precharge adalah sebagai berikut

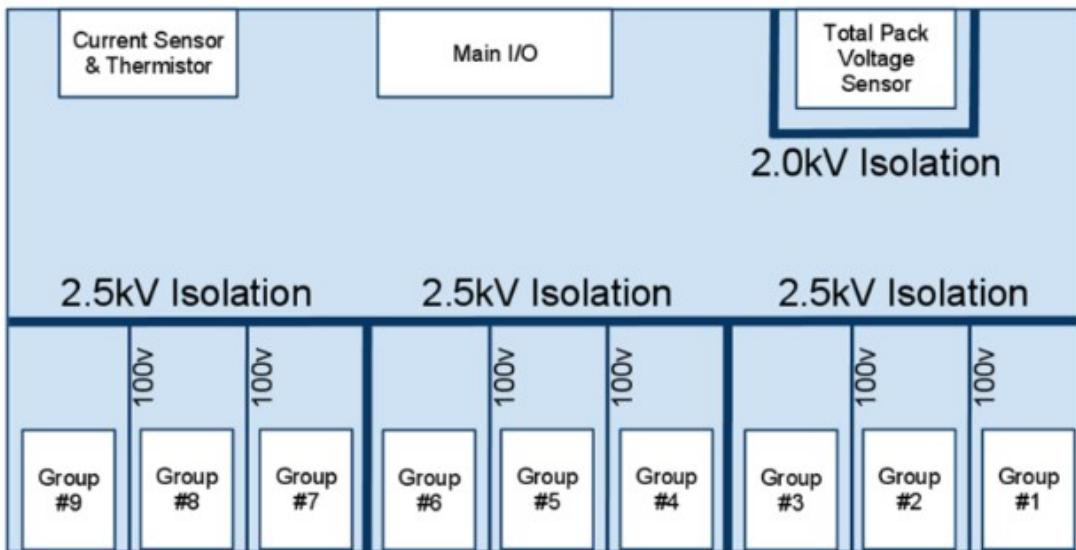


Gambar 22: Grafik pada proses precharge (a) Tegangan, (b) Arus, (c) Daya

## 5.5 BMS

### 5.5.1 BMS Specifications

BMS yang digunakan merupakan the Orion BMS dari Ewert Energy Systems. BMS tersebut tersedia secara komersial dan didesain khusus untuk kendaraan listrik atau hibrid. BMS tersebut dapat digunakan untuk 12-108 cell baterai, dan juga dengan beragam variasi kandungan kimia baterai. Dan juga BMS didesain untuk mampu digunakan pada kondisi lingkungan *noise* yang banyak dan pada temperatur ekstrim dengan jangkauan -40 sampai 80 derajat celcius. BMS dapat membaca tegangan dari 0.5 – 5 volt sehingga dapat digunakan pada baterai mobil yang menggunakan cell lithium ion dengan tegangan maksimum 4.2 volt dan minimum 3 volt. ADC yang digunakan pada BMS memiliki resolusi 12-bit dengan tingkat akurasi  $\pm 10\text{mV}$ . Dengan juga fitur I/O yang dapat digunakan untuk mengandalikan sistem shutdown jika kesalahan terdeteksi pada BMS.



*Isolation Diagram for 108 cell system (180 cell version can be extrapolated).*

Gambar 23: Isolasi setiap bagian pada BMS

The Orion BMS memiliki isolasi mencapai 2.5kV diantara setiap tegangan tap voltage dan kontrol elektronik pada setiap 36 cell. Kemudian, semua sensor tegangan terisolasi dari semua elektronik yang ada mencapai 2 kVDC. Selain itu, isolasi setiap grup cell 1,2 dan 3 dengan nominal isolasi 100V yang dimana cocok untuk busbar resistansi tinggi atau kebel antar cell.

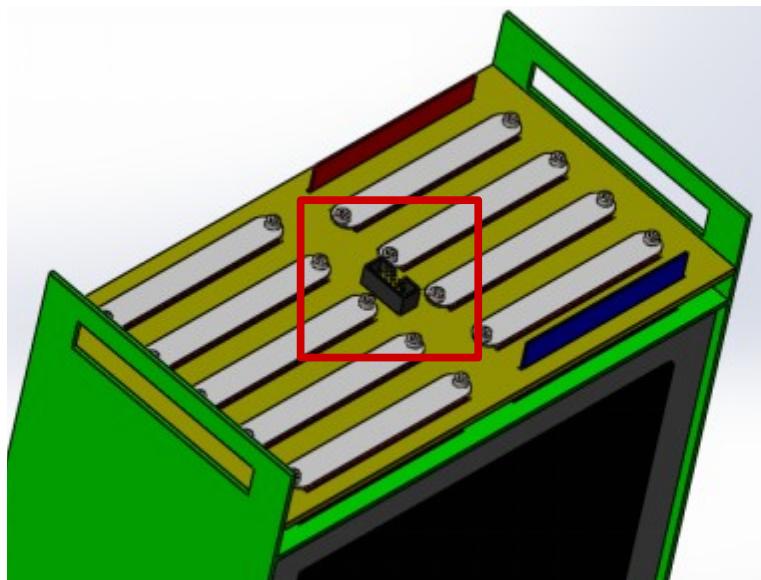
### 5.5.2 Temperature Sensors

Model Sensor:	Thermistor 10k
Akurasi Sensor	1°C
Datasheet:	Datasheet
# of sensors:	23 (Accumulator has 76 cell)
% of cells sensed:	30%

Tabel 13: Sensor Temperature pada Akumulator

### 5.5.3 BMS Voltage Sense Leads

Dengan menggunakan battery yang telah dideskrpsikan sebelumnya, maka pada ujung sensor tegangan menggunakan PCB yang telah memiliki jalur. Untuk ilustrasinya bisa dilihat pada Gambar 24



Gambar 24: Konektor untuk sensing tegangan

#### 5.5.4 BMS Voltage Sense Lead Overcurrent Protection

Kemudian untuk melindungi overcurrent pada proses sensor tegangan, pada Gambar x.x bisa dilihat terdapat fuse SMD yang digunakan. Fuse tersebut berjenis overheating fuse ang dimana akan putus ketika arus mencapai 1A namun juga akan tetap terhubung jika dibawahnya.

#### 5.5.5 BMS Limits

Max Cell Voltage:	5 V
Min Cell Voltage:	0.5 V
Max Temperature:	80°C
Min Temperature:	-40°C

### 5.6 AIR

#### 5.6.1 AIR Specifications

Make / Model:	Tyco EV200 Contactor 500AMP 320V
Contact Current:	500 A
Contact Voltage:	320 V
Datasheet:	Datasheet

Table 06- AIR Specifications

## 5.7 Accumulator Indicator

### 5.7.1 Accumulator Indicator Schematic

Gambar rangkaian indikator akumulator

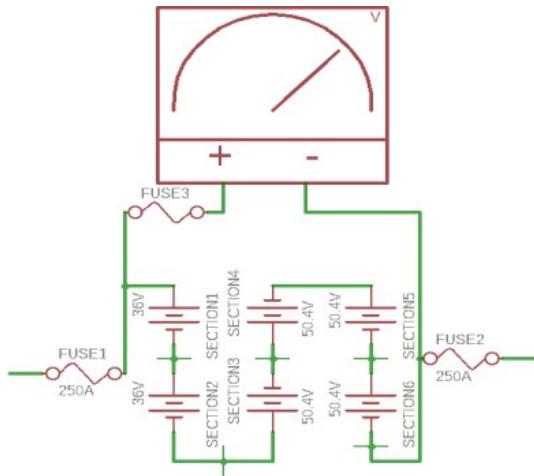
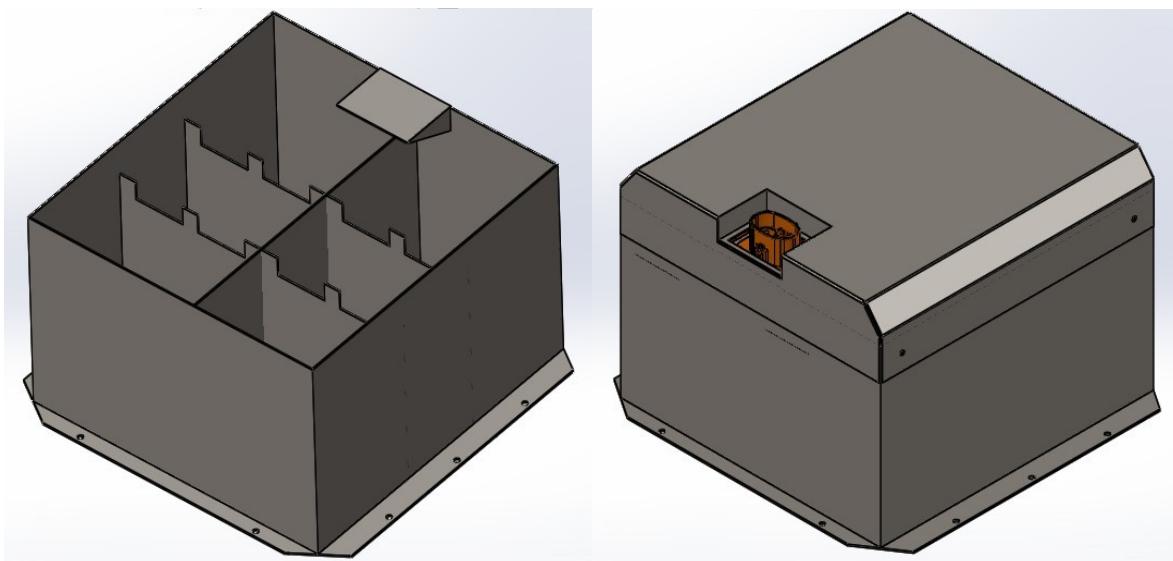


Figure 05 - Schematic of Accumulator Indication

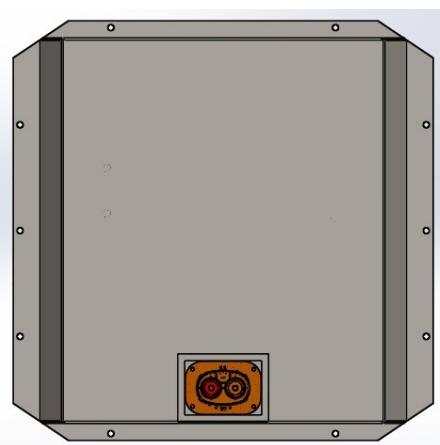
Product Name	Analog Voltmeter
Model No.	85C1
Measuring Current Range	DC 450 V
Accuracy	Classs 2.5
Panel Size	65 x 56mm/2.6" x 2.2"(L*W)
Thread Diameter	4 mm / 0.16" 3 mm / 0.12"
Overall Depth	60 mm / 2.4"
Mount	Vertical
Material	Plastic, Electronic Components
Color	White
Net Weight	83g
Package Content	1 x Analog Voltmeter

## 5.8 Mekanis Akumulator

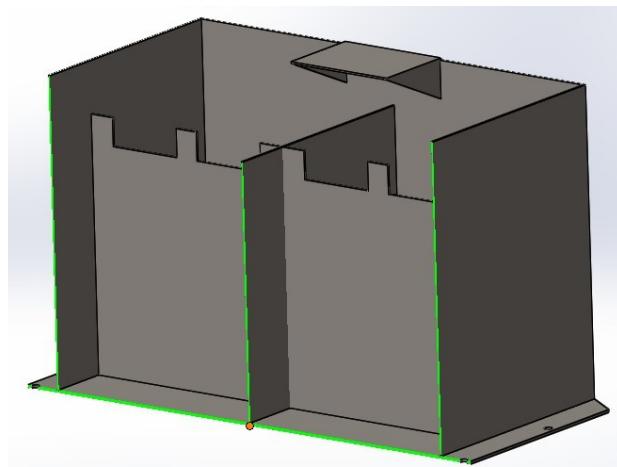
Mekanisme pada akumulator mengikuti aturan EV 3.4 FSAE 2018.



*Gambar 25: Kotak Akumulator*



*Gambar 26: Tampilan atas kotak akumulator*



Gambar 27: Dinding Dalam Akumulator yang lebih rendah dari dinding luar

### 5.8.1 Accumulator Enclosure

Konstruksi pada akumulator menggunakan plat besi 2mm sebagai dinding terluar dan pemisah antar section. Dan lapisan terluar segment dan antar segments dilapisi dengan firewall Glass Fiber Cloth 800 dengan ketebalan 4mm.

### 5.8.2 AIR and Fuse Separation

Insulation relay pemisah digunakan pada setiap kutub pada battery. Dan juga terdapat fuse yang terhubung pada kutub positif battery sebelum AIR yang digunakan. Ilustrasi rang terlihat pada Gambar x.x

Gambar

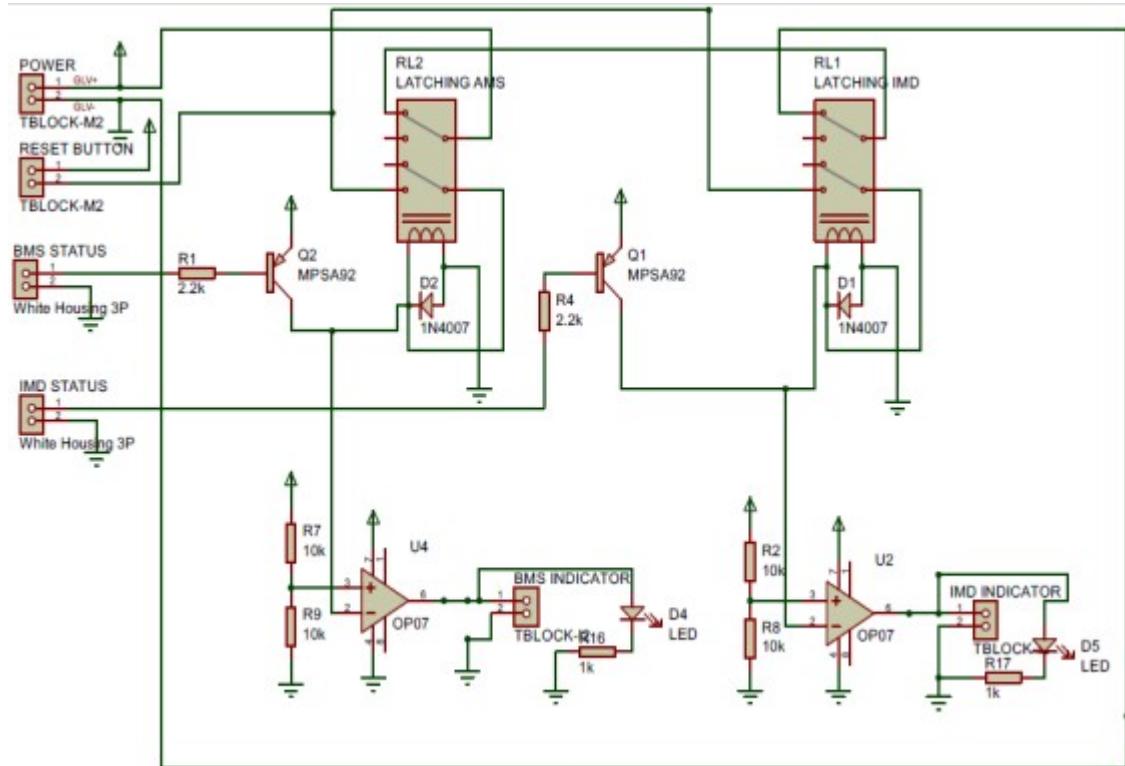
## 5.9 Charging

### 5.9.1 Charger Specifications

Make / Model:	Elcon PFC2500
Power:	25kW
Output Voltage:	336V
Output Current:	7A
Input Voltage:	220VAC
Input Current:	12A
Datasheet:	<a href="#">Datasheet</a>

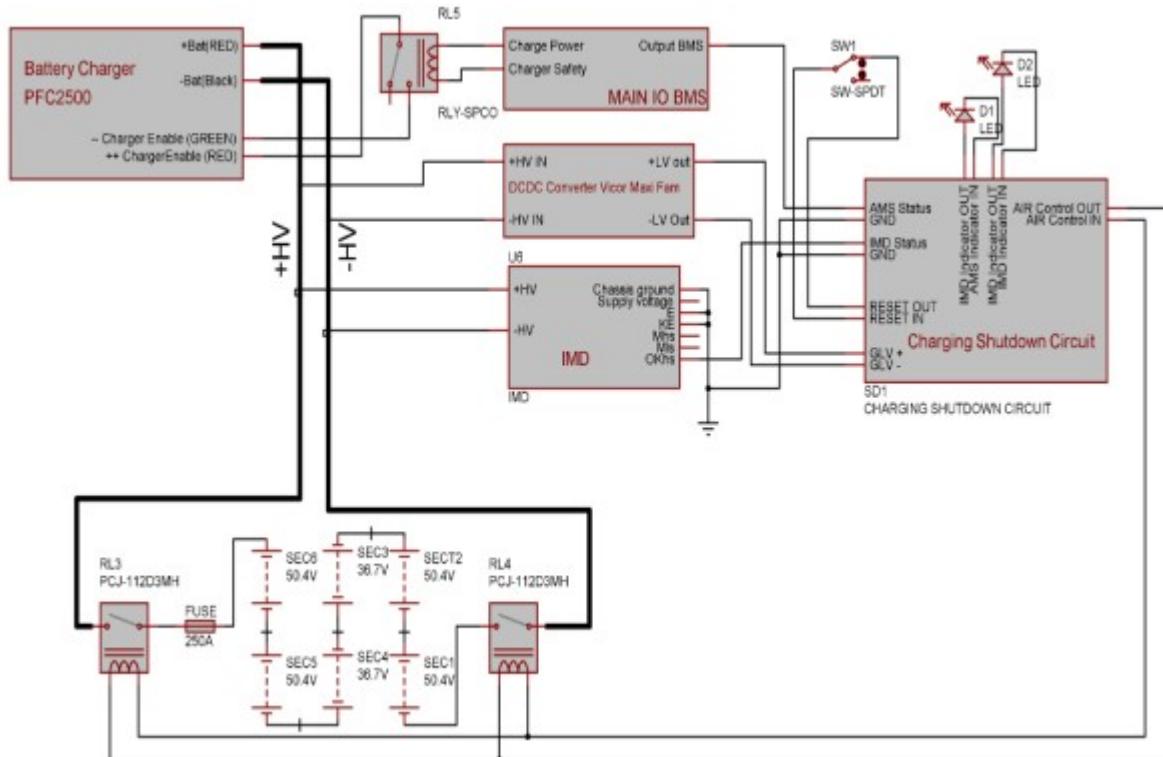
Tabel 14: Spesifikasi Charger

## 5.9.2 Charging Shutdown Circuit



Gambar 28: Rangkaian Shutdown System Charging

## 5.9.3 Rangkaian Charging Sistem Traktif



Gambar 29: Rangkaian proses charging pada sistem traktif

### **5.9.4 Charger TS Connection Interlock**

Kita menggunakan ELCON PFC2500 sebagai charger, charger tersebut memiliki kondisi interlok charging. Interlok oneksi charger sistem traktif menggunakan relay yang bengganti kondisi *charger enable* dan AIRs yang dikontrol oleh sistem shutdown. Ketika kedua kutub *charger enable* terhubung, maka sistem traktif akan memiliki daya dan jika tidak ada kesalahan terdeteksi, maka AIR akan terhubung dan proses charge berjalan.

### **5.9.5 Charger Control**

OrionBMS memiliki 2 pin(pin CHARGER POWER dan pin CHARGER SAFETY) yang dirokemendasikan sebagai interlok charging. Pin tersebut akan terhubung dan diantara nya terhubung dengan interlok pada *charger*. Secara normal, pin CHARGER SAFETY akan off dan koil akan membuka switch *charger enable* pada charger. Ketika pin CHARGER SAFETY menyala, maka coil akan tertutuo dan charger akan bekerja sampai baterai penuh dan pin CHARGER SAFETY mati atau terdeteksi kesalahan pada BMS atau IMD.

### **5.9.6 Charger Demonstration**

1. Putuskan koneksi Motor Controller dari akumulator
2. Hubungkan akumulator ke output charger dan Charger enable
3. Suplay daya ke charger
4. Tekan tombol reset untuk menghilangkan interlok kesalahan
5. Mulai charge
6. Ketika BMS mengindikasikan berhenti charge, cabut koneksi dari output dari charger dan setelah itu lepas koneksi dari *Charger enable*
7. Kemudian lepas suplai daya untuk charger

## 6 Power Distribution Module (PDM)

# FOTO

*Power Distribution Module* merupakan rangkaian pembagi daya untuk sistem LV atau non-traktif ke semua perangkat pada mobil yang dilengkapi dengan proteksi berupa *fuse* untuk mengatasi kelebihan arus ada rangkaian. PDM mendapatkan sumber daya dari Baterai/aki SLA dan Akumulator yang dilengkapi dengan DCDC Converter Isolated.

**Kontributor :**

Dokumentasi

Muhammad Zharfan Wiranata

Desain

Akhid Sulthoni

Manufaktur

Muhammad Zharfan Wiranata

Akhid Sulthoni

## 6.1 Sumber Daya

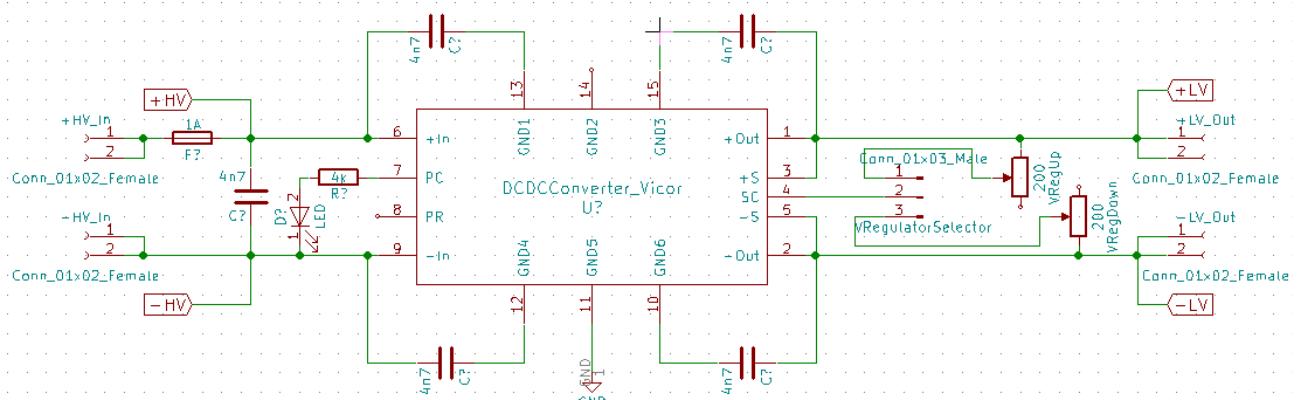
Telah disebutkan sebelumnya bahwa sumber daya pada sistem LV atau non-traktif adalah baterai/Aki SLA dan Akumulator yang dilengkapi dengan DCDC Converter Isolated. Sumber daya yang digunakan memiliki tegangan bernilai 12-15V. Spesifikasi baterainya adalah sebagai berikut

Make / Model / Style Baterai	Panasonic SLA LC-RA1212PG1
Battery nominal capacity:	12Ah (20 Hour rate)
Nominal Voltage:	12 V
Cell chemistry:	Lead Acid

Tabel 15: Spesifikasi Baterai

Make / Model / Style Baterai	DCDC Converter VICOR V300A15C500BL
Tegangan Output :	15 V
Daya	500W
Disipasi Daya	8 Watts, Max 12 Watts
Current Limit	34 – 43.5 Amp

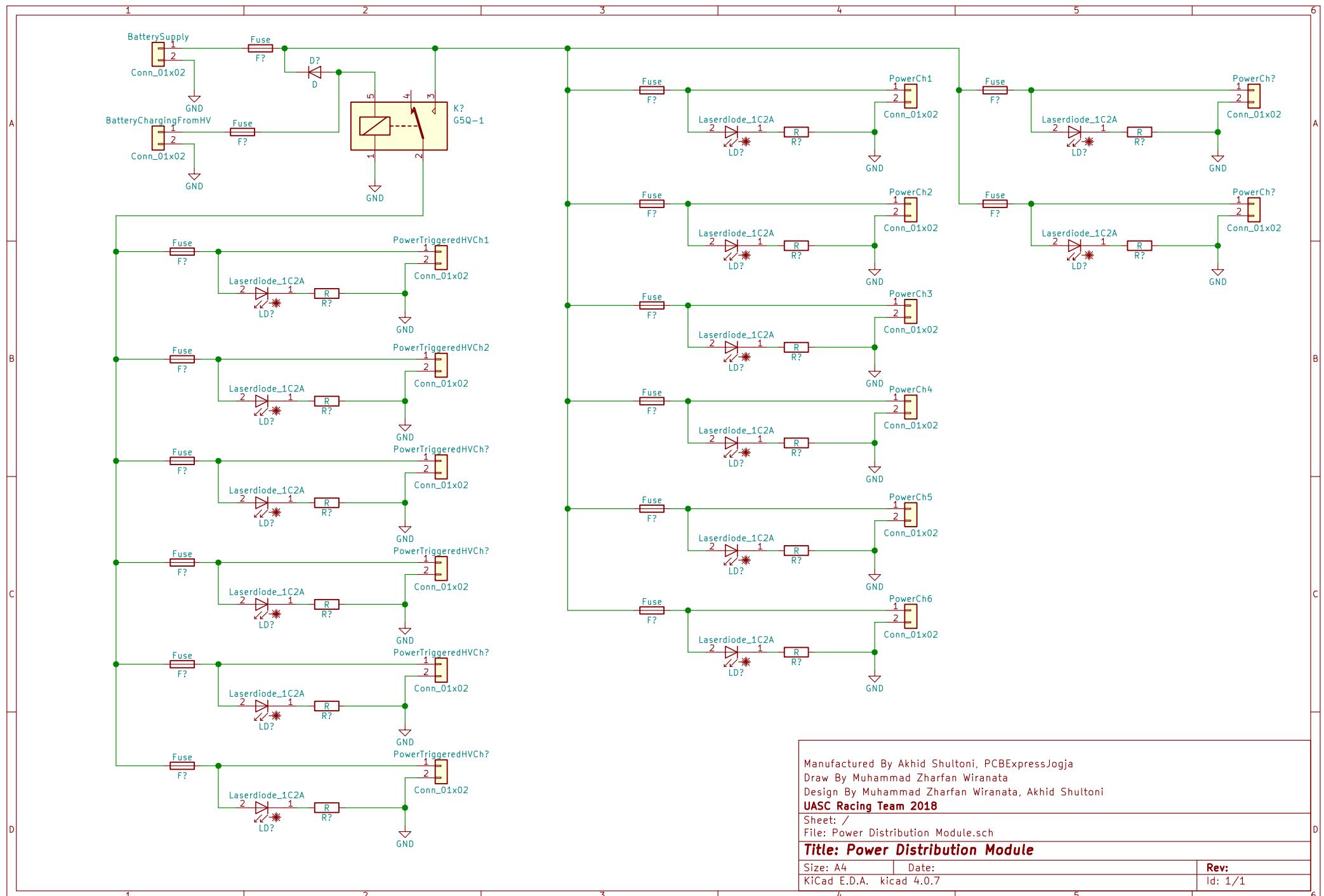
Untuk menggunakan DCDC Converter diatas, diperlukan rangkaian yang telah direkomendasikan oleh dari produsen. Rangkaian rekomendasi yang diaplikasikan pada mobil adalah sebagai berikut



Gambar 30: Rangkaian DCDC Converter VICOR

## 6.2 Rangkaian PDM

Rangkaian PDM Pada Mobil Listrik disini memiliki 14 Channel. PDM berguna untuk mendistribusikan daya ke ECU, Dashboard, Motor controller, BMS, Cooling System(Kipas dan pompa), dan Rem. Rangkaian hanya dilengkapi dengan diode, relay dan beberapa fuse otomotif. Rangkaian PDM bisa dilihat pada rangkaian sebelumnya.



Manufactured By Akhid Shulton, PCBExpressJogja  
 Draw By Muhammad Zharfan Wiranata  
 Design By Muhammad Zharfan Wiranata, Akhid Shulton  
**UASC Racing Team 2018**

Sheet: /  
 File: Power Distribution Module.sch

**Title: Power Distribution Module**

Size: A4	Date:
KiCad E.D.A.	Kicad 4.0.7

Rev:
Id: 1/1

## 6.3 Distribusi Daya

No	Beban		Kondisi	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
	Nama	Jumlah				
1	AIR (Ketika HV Nyala)	2	TS ON	0,26	12	
2	Precharge Relay (Ketika Proses Precharge)	1	LV ON*	0,13		
3	Discharge Relay (Ketika Proses Discharge)	1	LV ON	0,13		
4	Radiator Pump	1	TS ON	2		
5	Radiator Fan	2	TS ON			
6	Shutdown System	1	LV ON	0,1		
7	ECU	1	LV ON	0,25		
8	Dashboard Electronic	1	LV ON	0,25		
9	Brake Light	1	LV ON			
10	BMS (Orion BMS)	1	LV ON	0,25		
11	Motor Controller (emDrive H300)	1	TS ON	2,4		

Tabel 16: Daftar beban dan sumber daya pada PDM

Keterangan :

\*Sistem Traktif tidak sepenuhnya nyala/transisi ke kondisi TS nyala

**TS ON** : Sistem Traktif nyala, sistem Low-Voltage menyala

**LV ON** : Sistem traktif mati , sistem Low-Voltage menyala

No	Sumber daya	Kondisi	Tegangan	Kapasitas
1	SLA Panasonic	LV ON	12-15V	12Ah
2	Akumulator (oleh DCDC Converter VICOR)	TS ON	15 V	-