

# RANCANG BANGUN PROTOTIPE PERANGKAT KERAS *ELECTRIC VEHICLE* *SUPPLY EQUIPMENT* MENGGUNAKAN PROTOKOL SAE J1772

Putu Tesa Liwa Purnadita<sup>1</sup>, Pratolo Rahardjo<sup>2</sup>, I G A Putu Raka Agung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Program Studi Teknik Elektro, Jalan Raya Kampus Unud, Bukit Jimbaran, Badung, Bali 80361.

Email: tesaliwa@gmail.com<sup>1</sup>

## ABSTRAK

Keberadaan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) mulai meningkat seiring dengan peningkatan penggunaan kendaraan listrik disuatu daerah. SPKLU memiliki perangkat yang langsung berinteraksi dengan kendaraan listrik atau *Electric Vehicle (EV)* saat pengisian, perangkat ini disebut *Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE)*. *EVSE* dan *EV* memerlukan protokol agar dapat berkomunikasi yang bertujuan untuk bertukar informasi seperti kesiapan *EVSE* dan *EV* untuk memulai suatu pengisian. Protokol komunikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah protokol *SAE J1772*. Dalam penelitian ini terfokus ke perancangan prototipe perangkat keras pada *EVSE* yang berdasarkan prinsip dari *connector J1772 AC type 1* sebagai media transmisi ke kendaraan listrik (*EV*). Perancangan simulasi komunikasi *EVSE* menggunakan *platform Falstad Circuit Simulator* dan perancangan *layout PCB* menggunakan *platform EasyEDA*. Rancang bangun prototipe perangkat keras *EVSE* dikontrol menggunakan mini PC *Raspberry Pi 3B* sebagai *core management* kemudian diintegrasikan dengan blok terminal awal, blok *power supply*, modul sensor *PZEM-004T*, blok *J1772 communication*, modul *solid state relay (SSR) 2 channel*, dan terminal *J1772*.

**Kata kunci:** SPKLU, Kendaraan Listrik, *EVSE*, *J1772 Communication*.

## ABSTRACT

*The existence of Public Electric Vehicle Charging Stations (SPKLU) is increasing alongside the rise in electric vehicle usage in a certain area. EVCS is equipped with devices that directly interact with electric vehicles (EVs) during charging; this device is called Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE). Both EVSE and EV require protocols to communicate with each other aimed at exchanging information such as readiness for charging between EVSE and EV. The communication protocol used in this research is the SAE J1772 protocol. This study focuses on designing a hardware prototype of EVSE based on the principles of the J1772 AC Type 1 connector as the transmission medium to electric vehicles (EVs). The design of EVSE communication simulation uses the Falstad Circuit Simulator platform, and the PCB layout design uses the EasyEDA platform. The hardware prototype of EVSE is controlled using a Raspberry Pi 3B mini PC as the core management, then integrated with the initial terminal block, power supply block, PZEM-004T sensor module, J1772 communication block, 2-channel solid-state relay (SSR) module, and J1772 terminal.*

**Key Words:** SPKLU, *Electric Vehicle*, *EVSE*, *J1772 Communication*

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan kendaraan konvensional di Indonesia mulai mengalami peralihan ke kendaraan listrik sebagai

inovasi transportasi ramah lingkungan. Hal ini juga didukung dengan diterbitkannya Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan

Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle/BEV*) [1]. Penerapan kebijakan kendaraan listrik di Indonesia harus memperhatikan ketersediaan infrastruktur utama dan pendukung sehingga inovasi penggunaan kendaraan listrik semakin diminati dan masyarakat dapat beralih ke kendaraan listrik [2].

Penelitian yang dilakukan oleh Patil, dkk (2023) menghasilkan prototipe *Electric Vehicle Charging Station (EVCS)* untuk kendaraan listrik tipe *On-Board Charger*. Perancangan prototipe pada penelitian yang dilakukan oleh Patil, dkk (2023) menggunakan mikrokontroler *ATMEGA328-PU* dan pengguna dapat mengakses pengisian ulang kendaraan listrik menggunakan kartu *RFID* yang ditempelkan pada *RFID reader* di *EVCS* [3].

Pada Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) memiliki perangkat yang langsung berinteraksi dengan kendaraan listrik atau *Electric Vehicle (EV)* saat pengisian, perangkat ini disebut *Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE)*. Agar dapat berkomunikasi, *EVSE* dan *EV* memerlukan sebuah protokol untuk bertukar informasi seperti kesiapan *EVSE* dan *EV* untuk memulai suatu pengisian ulang.

Pada penelitian ini menggunakan protokol *SAE J1772* agar *EVSE* dapat berkomunikasi dengan *EV*. Rangkaian *J1772 communication* disimulasikan menggunakan *platform Falstad Circuit Simulator* guna mengetahui sinyal yang dihasilkan apakah sesuai dengan standar *SAE J1772*. Perhitungan dalam perancangan perangkat keras *EVSE* dapat memperkecil persentase *error* sehingga prototipe *EVSE* yang dibuat mampu berkomunikasi dengan *dummy* kendaraan listrik (*EV*). Penggunaan *dummy* kendaraan listrik (*EV*) dimaksudkan untuk mensimulasikan kondisi dan sinyal kendaraan listrik, seperti sinyal *proximity pilot* dan *control pilot* (pin komunikasi pada *connector J1772*).

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, perancangan prototipe perangkat keras (*hardware*) *EVSE*

menggunakan protokol komunikasi *SAE J1772* diharapkan mampu mengimplementasikan proses pengisian ulang kendaraan listrik yang terjadi pada sebuah *charging station* menggunakan standar pengisian *SAE J1772*, penggunaan modul sensor *PZEM-004T* juga dapat dijadikan sebagai pemantau arus, tegangan, daya dan energi sehingga dapat memudahkan dalam pengembangan perangkat *EVSE*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Charging Station

*Charging station* atau stasiun pengisian ulang merupakan infrastruktur yang digunakan sebagai tempat untuk mengisi ulang daya kendaraan listrik seperti mobil listrik, mobil *hybrid*, dan mobil listrik angkutan umum. Gambar 1 merupakan *charging station* yang berada di Jalan P.B. Sudirman, Denpasar, Bali. Setiap *charging station* dilengkapi dengan *plug* yang dihubungkan ke kendaraan.



Gambar 1. *Charging Station* di Kota Denpasar [4]

Stasiun pengisian ulang (*charging station*) dapat memiliki lebih dari satu sumber energi listrik seperti, dari arus listrik PLN, genset, dan *photovoltaic (PV)* yang dilengkapi dengan media penyimpanan berupa baterai. Prototipe *EVSE* pada penelitian ini menggunakan sumber listrik PLN karena menggunakan standar *connector J1772 type 1 AC level 2*.

### 2.2 Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE)

*EVSE* adalah perangkat yang terhubung ke sumber listrik dan menyediakan arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC) untuk disalurkan ke kendaraan listrik (*EV*). Perangkat *EVSE* akan mentransmisikan daya listrik untuk

mengisi baterai (*Plug-in Electric Vehicle/PEV*).

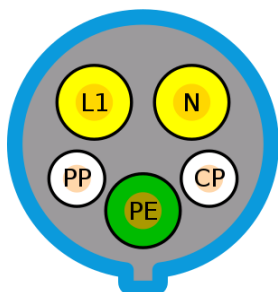


Gambar 2. EVSE pada Charging Station di Kota Denpasar [4]

Pertukaran informasi antara EVSE dan EV terjadi di terminal J1772 (pengganti connector J1772) untuk mengetahui kondisi yang dibutuhkan oleh EV sehingga EVSE dapat mentransmisikan daya sesuai permintaan EV. Gambar 2 merupakan contoh EVSE yang sedang mentransmisikan daya ke kendaraan listrik.

### 2.3 SAE J1772

SAE (*Society of Automotive Engineers*) J1772 merupakan standar konektor listrik untuk pengisian kendaraan listrik di Amerika Utara. Standar ini meliputi persyaratan umum fisik dan listrik antara konektor peralatan suplai listrik (EVSE) dan saluran input di kendaraan listrik (EV), protokol komunikasi, dan persyaratan kinerja untuk sistem pengisian [5]. Tujuan dibuat standar SAE J1772 untuk menentukan arsitektur sistem pengisian kendaraan listrik umum termasuk persyaratan operasional alat ketika proses transmisi dari connector J1772 berlangsung.



Gambar 3. Pin pada Connector J1772 [6]

Gambar 3 merupakan pin-pin yang terdapat pada connector J1772 yang dibagi

menjadi pin daya (*Live, Neutral, dan Protective Earth*) dan pin komunikasi (*Proximity Pilot dan Control Pilot*). Pin komunikasi akan bekerja terlebih dahulu melalui pin PP-PE dan pin CP-PE, hal ini akan mengindikasikan kondisi proses pengisian ulang. Kemudian barulah pin daya akan diaktifkan melalui modul *solid state relay* yang mengalirkan atau menghentikan aliran listrik ke pin *Live* dan *Neutral* pada connector J1772.

Proses komunikasi yang berlangsung pada pilot kontrol (CP) atau biasa disebut status (kondisi) dibagi menjadi beberapa status. Tabel 1 menunjukkan status sinyal output (CP-PE).

Tabel 1. Status Sinyal Output pada pin CP-PE [6].

Output Signal	
Charging Status	Control Pilot Circuit
Standby (Not Connected)	DC +12V
Vehicle Detected (Connected)	PWM +9 ±1 V
Ready to Charge	PWM +6 ±1 V
Ventilation Required	PWM +3 ±1 V
No Power	0 V
Error	0 V

### 2.4 Solid State Relay (SSR)

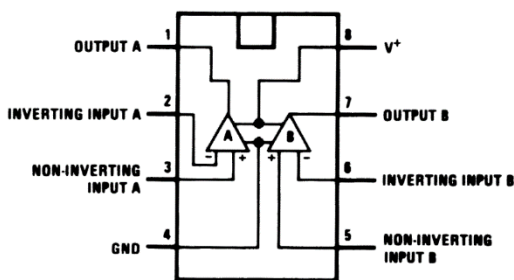
*Solid state relay* merupakan perangkat *switching* yang memiliki fungsi sama dengan relay elektromekanik atau *magnetic contactor* (MC) yaitu saklar elektronik yang digunakan sebagai *device* pengendali [7]. SSR menggunakan komponen semikonduktor seperti transistor, TRIAC (*Triode Alternating Current Switch*), atau SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) untuk mengendalikan aliran arus listrik. Gambar 4 merupakan modul SSR 2 *channel* yang digunakan untuk menghubungkan dan memutus arus listrik dari EVSE ke *dummy load* (EV).



Gambar 4. Modul *Solid State Relay* 2 Channel [8]

### 2.5 IC LF353

IC LF353 merupakan salah satu jenis IC dual *op-amp* (*operational amplifier*) yang mempunyai 8 pin. Selain itu, IC LF353 memiliki harga yang murah (*low cost*), berkecepatan tinggi, *supply* tegangan maksimal untuk  $V_{CC+}$  sebesar 18 V dan untuk  $V_{CC-}$  sebesar -18 V [9]. Pada Gambar 5 ditampilkan *pin out* dari sebuah IC LF353.



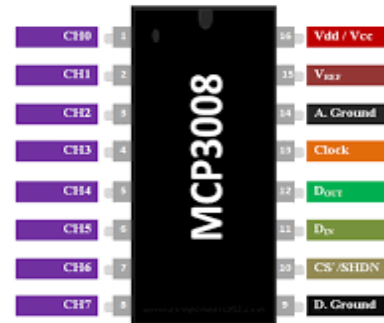
Gambar 5. *Pin Out* IC LF353 [9]

### 2.6 IC MCP3008

IC MCP3008 merupakan salah satu IC Analog to Digital Converter (ADC) yang memiliki resolusi 10 bit dan 8 channel masukan seperti pada Gambar 6. Prinsip kerja dari ADC yaitu dengan mengkonversi

sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal *input* dan tegangan referensi. Persamaan 1 dapat digunakan untuk menghitung digital *output* pada ADC menurut *appendix datasheet MCP3008 Microchip Technology Incorporated* (2008).

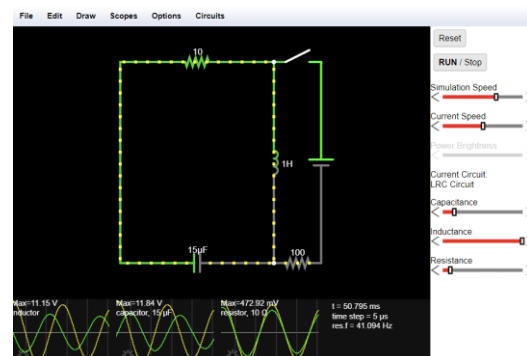
$$\text{Digital Output Code} = \frac{1024 \times V_{in}}{V_{Ref}} \quad (1)$$



Gambar 6. *Pin Out* IC MCP3008 [10]

### 2.7 Falstad Circuit Simulator

*Falstad circuit simulator* merupakan sebuah perangkat lunak simulasi rangkaian elektronik yang digunakan untuk merancang, membangun, dan menguji rangkaian elektronik [11]. Tampilan awal *circuit simulator* pada *Falstad* ditunjukkan seperti Gambar 7 yang dilengkapi dengan berbagai komponen elektronik seperti, resistor, kapasitor, transistor, dan induktor. Selain itu, untuk menguji rangkaian elektronika yang dibuat, *falstad circuit simulator* menyediakan berbagai *tools* seperti, multimeter, *oscilloscope*, dan fungsi generator.

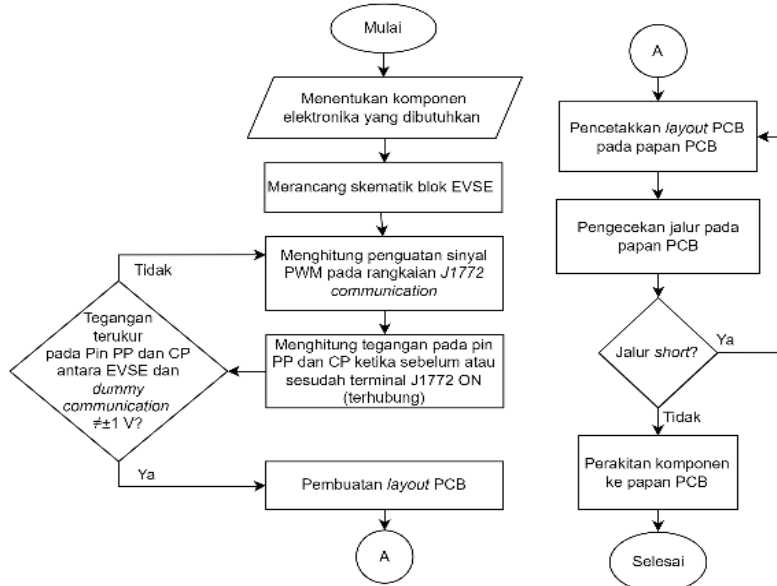


Gambar 7. Tampilan Awal *Falstad Circuit Simulator* [12]

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan rangkaian *J1772 communication* pada platform *Falstad Circuit Simulator* dan berdasarkan hasil simulasi tersebut, peneliti dapat membuat

perangkat keras dari blok *EVSE*. Gambar 7 menunjukkan skematik metodologi dari penelitian.

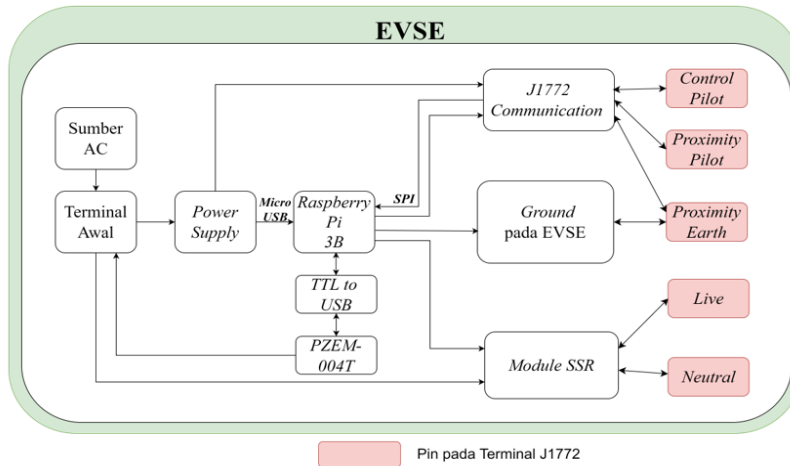


Gambar 8. Tahap Perancangan Prototipe Perangkat Keras blok *EVSE*

Berdasarkan Gambar 8, Langkah pertama meninjau spesifikasi dari komponen yang akan digunakan, seperti: terminal blok, pin *header*, resistor, LED, dioda Zener, *IC LF353*, *IC MCP3008*, dan kabel *jumper*. Langkah kedua melakukan perancangan pada platform *Falstad Circuit Simulator* guna mengetahui sinyal *output* yang dihasilkan dari rangkaian *J1772 communication*. Setelah melakukan perhitungan *output* yang dapat dikeluarkan oleh rangkaian *J1772 communication* untuk pin komunikasi PP dan CP, kemudian *switch* pada terminal *J1772* sebagai pengganti *connector J1772* akan diubah ke posisi *ON*. Hal ini berarti antara blok *EVSE* dan *dummy communication* akan terhubung. Apabila tegangan yang dihasilkan oleh masing-

masing kondisi (CP-PE) berdasarkan tegangan CP-PE pada standar pengisian *SAE J1772* tidak lebih dari 1 maka simulasi rangkaian yang dibuat dinyatakan berhasil.

Langkah selanjutnya yaitu pembuatan jalur *layout PCB* menggunakan platform *EasyEDA*, setelah jalur *layout PCB* sudah dicetak ke papan *PCB*, perlu dilakukan pengecekan jalur agar dapat mengetahui apakah ada jalur yang *short*. Setelah pengecekan jalur pada papan *PCB* tidak *short*, kemudian dilakukan proses perakitan komponen elektronika yang selanjutnya disolder sehingga didapat perangkat keras *J1772 communication*. Konfigurasi antar rangkaian pada blok *EVSE* ditunjukkan oleh Gambar 9.



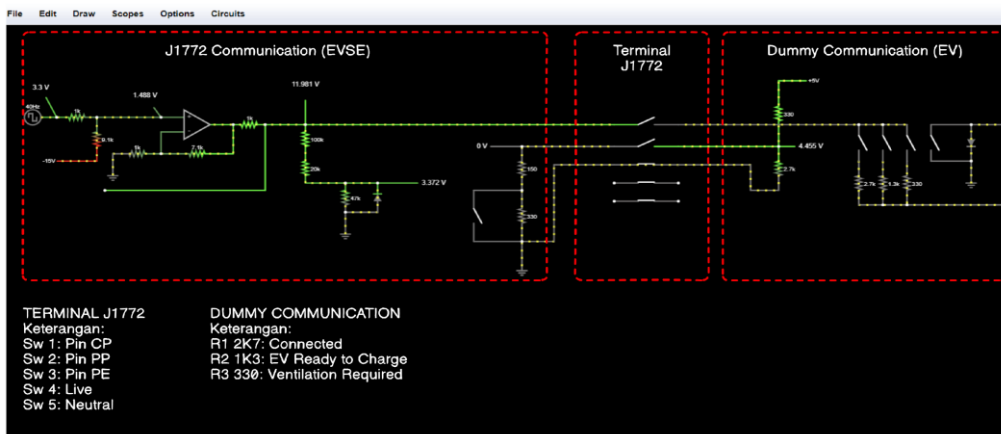
Gambar 9. Konfigurasi Antar Rangkaian pada Blok EVSE

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

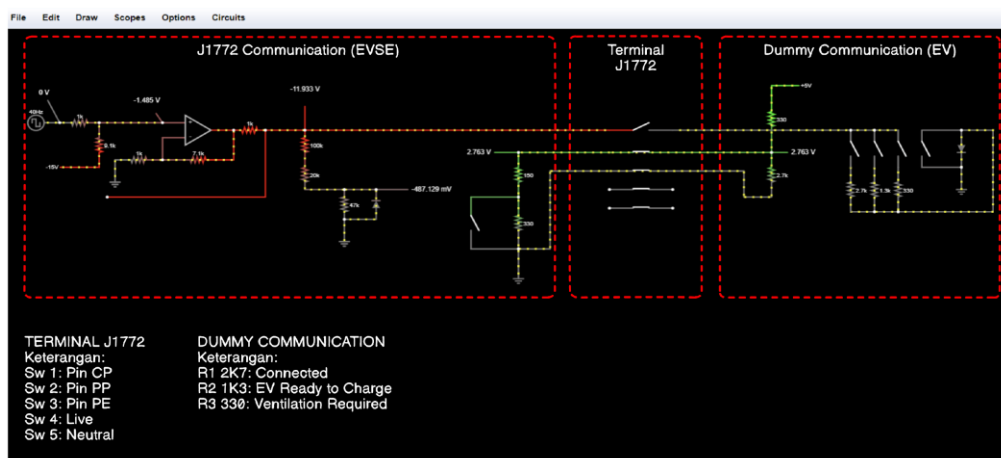
##### 4.1 Hasil Simulasi Rangkaian J1772 Communication

Proses pertukaran informasi yang terjadi pada Terminal J1772 diawali dengan

Pin *Proximity Pilot* (pilot kedekatan) yang belum terhubung (*not connected*) seperti pada Gambar 10. Pada Gambar 11, pin *proximity pilot* (PP) terhubung melalui *Switch 2* dan terukur tegangan pada saat pin *Proximity Pilot* terhubung sebesar 2,76 V.



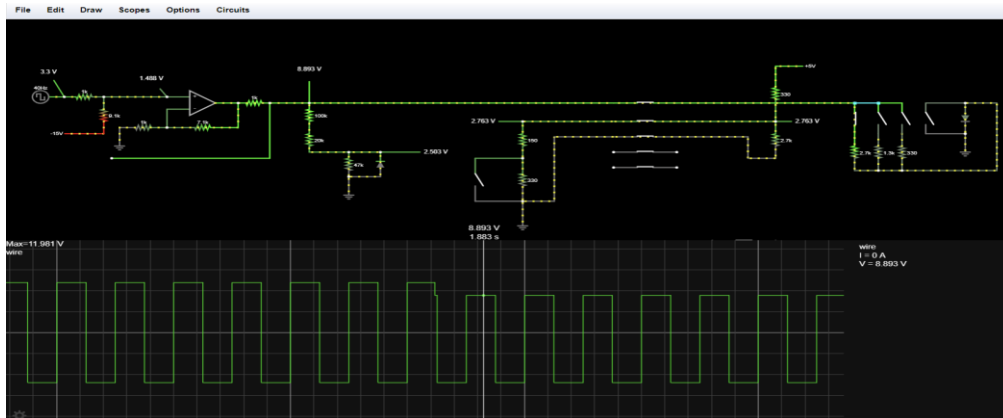
Gambar 10. Simulasi Kondisi Pin PP Not Connected



Gambar 11. Simulasi Kondisi Pin PP Connected

Setelah pin *proximity pilot* (PP) terhubung, maka EVSE akan mendeteksi sinyal dari Pin *Control Pilot* (CP). Fungsi dari

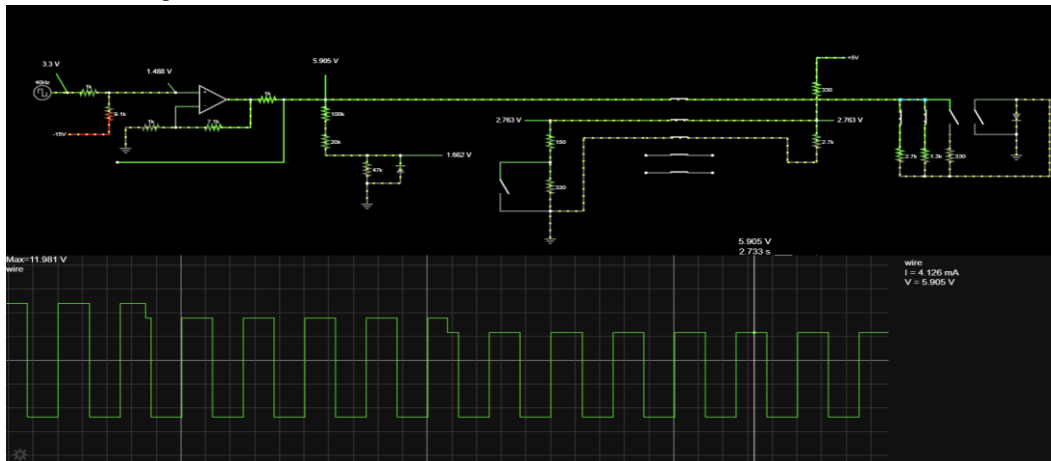
pin *control pilot* yaitu mendeteksi status atau kondisi pengisian yang berlangsung.



Gambar 12. Hasil Simulasi saat Pin CP *Connected*

Gambar 12 menunjukkan hasil dari pengujian pin *control pilot* ketika *switch* ke resistor 2K7 pada *dummy communication* terhubung. Dapat dilihat pada Gambar 11, sebelum EVSE mendapat beban resistor 2K7, tegangan terukur +11,98 V. Setelah EVSE terhubung ke beban resistor 2K7,

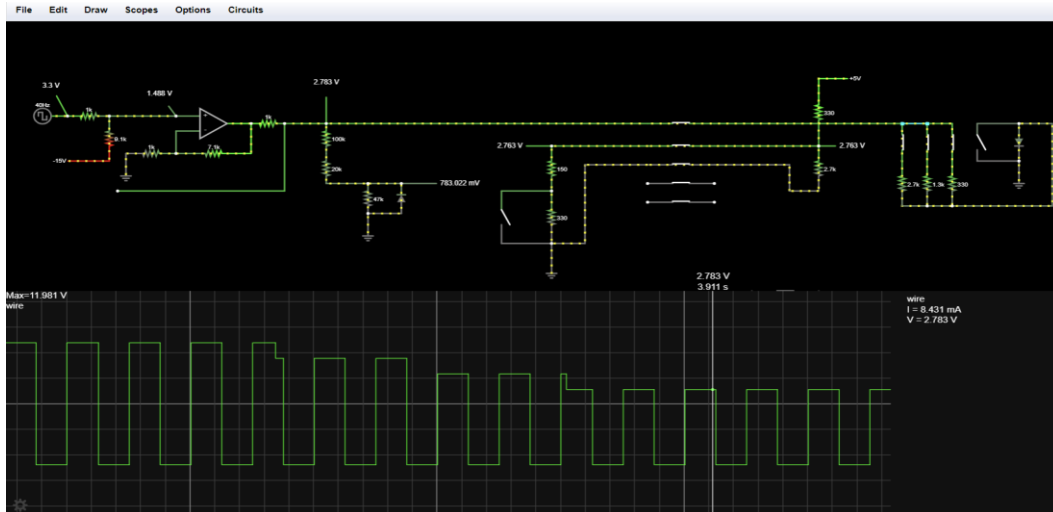
tegangan atas berubah menjadi +8,89 V, dengan menggunakan rumus APE (*Absolute Percentage Error*) didapat persentase *error* dari tegangan terukur pada simulasi CP *connected* sebesar 1,2%.



Gambar 13. Hasil Simulasi saat Pin CP *Ready to Charge*

Pada Gambar 13 menunjukkan bagaimana perubahan sinyal ketika *switch* pada *dummy communication* terhubung dengan beban resistor 1K3. Tegangan terukur saat *switch ON* ke resistor 1K3 yaitu sebesar 5,9 V. Persentase *error* yang

didapat dari perbedaan tegangan *output* CP-PE pada simulasi rangkaian J1772 *communication* dengan standar SAE J1772 sebesar 1,6%.



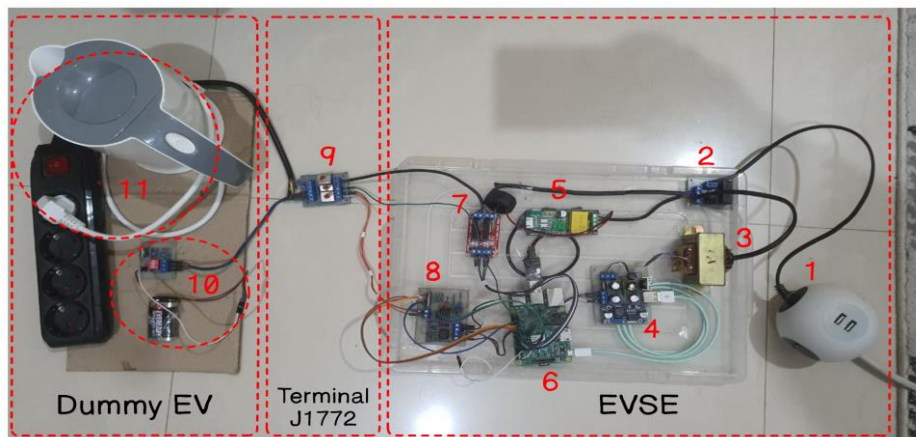
Gambar 14. Hasil Simulasi saat Pin CP *Ventilation Required*

Pada Gambar 14 menunjukkan bagaimana perubahan sinyal ketika *switch* pada *dummy communication* terhubung dengan beban resistor 330 Ohm. Tegangan terukur saat *switch ON* ke resistor 330 Ohm

yaitu sebesar 2,78 V. Persentase *error* yang didapat dari perbedaan tegangan *output CP-PE* pada simulasi rangkaian *J1772 communication* dengan standar *SAE J1772* sebesar 7,3 %.

#### 4.2 Hasil Perancangan Perangkat Keras Blok EVSE

Perancangan perangkat keras *EVSE* yang terhubung dengan *dummy EV* dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Prototipe Perangkat Keras Integrasi antara Blok *EVSE* dan Blok *Dummy EV*

Adapun keterangan dari Gambar 15 adalah sebagai berikut:

1. Sumber listrik 220 VAC.
2. Terminal awal sebagai terminal pembagi keluaran dari sumber listrik, pada prototipe *EVSE*, keluaran terminal awal dibagi menjadi 3 yaitu, yang terhubung ke transformator (*PSU*), ke modul sensor *PZEM-004T*, dan ke modul *SSR 2 channel*. Selain itu, terminal awal dapat

melindungi rangkaian setelahnya dari lonjakan arus listrik.

3. Transformator berguna mengubah tegangan menjadi 15 V yang kemudian dihubungkan ke rangkaian *input power supply (PSU)*
4. *Power supply (PSU)* sebagai penyuplai tegangan simetris  $\pm 15$  V ke *J1772 communication* dan 5 V ke *Raspberry Pi 3B*.



5. Modul sensor *PZEM-004T* berfungsi untuk mengukur dan memantau besaran listrik seperti: tegangan, arus, daya, dan energi kemudian data besaran listrik tersebut akan diakuisisi oleh *Raspberry Pi 3B*.
6. *Raspberry Pi 3B* sebagai *core management* atau unit pemrosesan utama untuk mengumpulkan data pengisian kendaraan listrik, mengontrol pengisian kendaraan listrik, dan mengontrol status pengisian kendaraan listrik.
7. Modul *Solid State Relay (SSR) 2 channel* untuk mengalirkan dan memutus aliran listrik ke pin *Live* dan *Neutral* pada *connector J1772* yang dipicu oleh *Raspberry Pi 3B*.
8. *J1772 communication* merupakan rangkaian yang digunakan *Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE)* dan *Electric Vehicle (EV)* untuk berkomunikasi melalui pin *Proximity Pilot (PP)* dan pin *Control Pilot (CP)*. Ketika pin komunikasi antara EVSE dan EV sudah saling terkoneksi, maka akan ditandai dengan LED biru pada rangkaian *J1772 communication*. Kemudian ketika EVSE dan EV melakukan proses pengisian akan ditandai dengan LED hijau menyala, sedangkan ketika terjadi *error* akan ditandai dengan LED merah menyala. Hal ini berdasarkan pada status sinyal output pin CP-PE.
9. Terminal *J1772* sebagai pengganti *connector J1772* yang asli, terdiri dari 2 buah *switch SPDT 2 channel* dan sebuah *switch SPDT 1 channel* yang menunjukkan pin pada *connector J1772* asli (PP, CP, PE, L, dan N).
10. *Dummy communication* berfungsi sebagai rangkaian untuk mensimulasikan sinyal dari kendaraan listrik, seperti *proximity pilot* dan *control pilot*.
11. *Dummy load* berfungsi mensimulasikan mengalirnya arus listrik ketika EV sudah dalam kondisi *Ready to Charge* dan pengguna memulai proses pengisian

ulang (*Start Charging*) melalui *smartphone* sehingga *Raspberry Pi 3B* akan menginstruksikan *SSR 2 Channel* untuk mengalirkan listrik ke pin *Live* dan *Neutral* sehingga beban berupa teko (*dummy load*) akan menyala.

Adapun konfigurasi antar angkaian pada perancangan perangkat keras antara blok EVSE dengan blok *dummy EV* seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi antar Rangkaian pada Blok EVSE dan Blok *dummy EV*

No.	Terminal Awal	PSU
1.	<i>Live</i>	<i>Live</i>
2.	<i>Neutral</i>	<i>Neutral</i>
No.	Terminal Awal	<i>PZEM-004T</i>
1.	<i>Live</i>	<i>Live</i>
2.	<i>Neutral</i>	<i>Neutral</i>
No.	Terminal Awal	Modul SSR
1.	<i>Live</i>	<i>Live</i>
2.	<i>Neutral</i>	<i>Neutral</i>
No.	PSU	<i>J1772 Communication</i>
1.	+15 V	Pin 8 (IC LF353)
2.	-15 V	Pin 4 (IC LF353)
No.	<i>Raspberry Pi 3B</i>	Modul SSR
1.	Pin 16 (GPIO 23)	<i>Sg Trigger 1</i>
2.	Pin 18 (SPIO 24)	<i>Sg Trigger 2</i>
3.	5 V	5 V
4.	GND	GND
No.	<i>Raspberry Pi 3B</i>	<i>J1772 Communication</i>
1.	Pin 33 (GPIO 13)	<i>PWM</i>
2.	Pin 35 (GPIO 19)	<i>Pulse Detect</i>
3.	Pin 37 (GPIO 26)	<i>PP</i>
4.	Pin 31 (GPIO 6)	<i>Connected</i>
5.	Pin 29 (GPIO 5)	<i>Charging</i>
6.	Pin 27 (GPIO 0)	<i>Error</i>
7.	3V3	3V3
8.	GND	GND
9.	Pin 11 (GPIO 23)	CLK
10.	Pin 9 (GPIO 21)	MISO
11.	Pin 10 (GPIO 19)	MOSI
12.	Pin 8 (GPIO 24)	CS
No.	<i>Raspberry Pi 3B</i>	Terminal <i>J1772</i>
1.	GND	<i>Protective Earth (PE)</i>
No.	<i>J1772 Communication</i>	Terminal <i>J1772</i>
1.	Pin <i>Proximity Pilot (PP)</i>	<i>Switch PP</i>
2.	Pin <i>Control Pilot (CP)</i>	<i>Switch CP</i>

Tabel 2. Lanjutan

No.	Terminal J1772	Dummy Communication
1.	PP	PP
2.	CP	CP
3.	PE	PE

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi dan perancangan perangkat keras prototipe EVSE menggunakan protokol SAE J1772, dapat disimpulkan:

1. Hasil simulasi rangkaian J1772 communication yang terhubung ke rangkaian dummy communication melalui terminal J1772 untuk status connected terdapat error sebesar 1,2%, untuk status ready to charge terdapat error sebesar 1,6%, dan untuk status ventilation required terdapat error sebesar 7,3%. Hal ini dikarenakan pada Falstad Circuit Simulator terdapat ketidakakuratan model komponen.
2. Perancangan prototipe perangkat keras sudah saling terintegrasi, dan ketika diberikan program untuk proses pengisian daya kendaraan listrik sudah dapat berfungsi. ditandai dengan indikator LED hijau yang mengindikasikan status ready to charge menyala dan indikator dummy load (beban berupa pemanas air 660 watt) menyala.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2020. *Pemerintah Dorong Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai* [online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ketenagalistrikan/pemerintah-dorong-percepatan-program-kendaraan-bermotor-listrik-berbasis-baterai>
- [2] Dharmawan, P., Kumara, S., & Ngurah Budiastira. 2021. "Perkembangan Infrastruktur Pengisian Baterai Kendaraan Listrik di Indonesia". *Jurnal SPEKTRUM*. Vol. 8, No. 3.
- [3] Patil, A., Shimpi, B., Deshmukh, D., Mahajan, R., Pardeshi, Y., & Tech, B. (2023). "Prototype Electric Vehicle Charging Station". *Ijsdr.org International Journal of Scientific Development and Research*. 8(5): 2455-2631.
- [4] Google Maps. 2023. *Charging Station Jalan P.B. Sudirman* [online]. Available: [https://maps.app.goo.gl/U6tBQbUM7yFGsRXi8?g\\_st=iw](https://maps.app.goo.gl/U6tBQbUM7yFGsRXi8?g_st=iw)
- [5] Wu, Y. 2019. "Design and Implementation of AC Conductive Charging System for Electrical Vehicles". *Jurnal IEEE*, pp. 282-288.
- [6] Wikipedia. 2024. *SAE J1772* [online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/SAE\\_J1772](https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772).
- [7] Kustiawan, Eko. 2018. "Meningkatkan Efisiensi Peralatan dengan Menggunakan Solid State Relay (SSR) dalam Pengaturan Suhu Pack Pre-Heating Oven (PHO)". *Jurnal STT Yuppentek*. Vol. 9, No.1.
- [8] Flux Workshop. 2023. *5V 2 Channel Solid State Relay Module* [online]. Available: <https://fluxworkshop.com/products/bhaa100003-5v-2-ch-solid-state-relay-module-keyes?variant=32734534795324>
- [9] Texas Instrument (1998). *LF353-N LF353-N Wide Bandwidth Dual JFET Input Operational Amplifier Check for Samples: LF353-N 1FEATURES DESCRIPTION* [online]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lf353-n.pdf>.
- [10] Component101. 2018. *MCP3008 8-Channel 10-bit ADC IC* [online]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lf353-n.pdf>.
- [11] Zhang, Xinyue. 2023. "Function Generator Based on Circuit Simulation Method". *Jurnal Science, Engineering and Technology*. Vol. 46, pp.142-146.
- [12] Circuit Simulator Applet. 2014. *Falstad Circuit Simulator* [online]. Available: <https://www.falstad.com/circuit/>