

## ANALISA STATE OF CHARGE & CUT OFF BATERAI PADA PROTIPE AGV UNTUK PERUSAHAAN GARMEN

\*Adinda Kurnia Saraswati<sup>1</sup>, Munadi<sup>1</sup>, Ismojo Haryanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [adindakurniasaraswati@gmail.com](mailto:adindakurniasaraswati@gmail.com)

### Abstrak

Kerusakan pada baterai seringkali ada pada proses charging yang berlebih (*overcharging*) karena baterai tidak terdapat sistem *cut off* yang baik atau perlu adanya pembatasan arus yang masuk apabila baterai sudah berada dalam kondisi penuh (*fully charged*). Dalam penelitian ini berfokus pada proses penjagaan baterai agar dapat mempertahankan usia baterai yang akan diimplementasikan lebih lanjut terhadap pengoperasian kendaraan AGV (*Automatic Guided Vehicle*) yaitu dengan cara merancang sistem estimasi SOC (*State of Charge*). Pada proses perancangan SOC ini dilakukan dengan mendeteksi secara langsung arus menggunakan Sensor ACS712 dan Sensor Tegangan menggunakan *Voltage Divider*, sebab proses perancangan SOC (*State of Charge*) ini dilakukan secara langsung berdasarkan metode *Coloumb Counting* yang memperhitungkan arus yang masuk maupun keluar dari Baterai LiFePO<sub>4</sub> yang diuji coba secara langsung pada kendaraan AGV (*Automatic Guided Vehicle*). Proses uji coba SOC ini dilakukan dengan menggunakan dua cara yaitu pada berlangsungnya proses *charging* maupun pada berlangsungnya proses *discharging*. Uji coba langsung terhadap kendaraan AGV didapatkan data berdasarkan kendaraan AGV dalam kondisi diam atau dalam kondisi awal sebelum dilakukannya uji coba, yaitu dengan nilai arus sebesar 0.18 A dengan nilai tegangan sebesar 26.53 volt dan nilai estimasi SOC sebesar 99.24%, sedangkan dalam kondisi beroperasinya AGV berlangsung nilai arus sebesar 0.36 A dengan nilai tegangan 26.45 volt dan estimasi nilai SOC sebesar 99.11%, dan nilai akhir arus ketika AGV tidak lagi dijalankan adalah sebesar 0.16 A dengan nilai tegangan sebesar 26.50 volt dan estimasi SOC sebesar 98.77%.

**Kata kunci:** *sensor ACS712; state of charge; voltage divider*

### Abstract

*A failure to the battery because it often occurs in the process of overcharging the battery that does not has a good cutoff system or there is a need for current conditions when the battery is fully charged. This study focuses on the battery maintenance process in order to maintain battery life which will be implemented further in the operation of AGV (Automated Guided Vehicle) vehicles, namely by estimating the SOC (State of Charge) estimation system. In the SOC design process, this is done by directly detecting the current using the ACS712 Sensor and the connection sensor using the Voltage Divider, because the SOC (State of Charge) design process is carried out directly based on the Coloumb Counting method which takes into account the current entering and leaving the tested LiFePO<sub>4</sub> battery. try it directly on an AGV (Automated Guided Vehicle). The SOC trial process is carried out using two ways, namely that the ongoing charging process and the ongoing discharging process. Direct testing of AGV vehicles obtained data based on AGV vehicles in stationary conditions or in initial conditions before testing, namely with a current value of 0.18 A with a voltage value of 26.53 volts and an estimated SOC value of 99.24%, while in the operating conditions of the AGV the value takes place of 0.36 A with a voltage value of 26.45 volts and an estimated SOC value of 99.11%, and the final value when the AGV is no longer running is 0.16 A with a voltage value of 26.50 volts and an estimated SOC of 98.77%.*

**Keywords:** *state of charge; sensor ACS712; voltage divider*

### 1. Pendahuluan

Saat ini, perkembangan AGV (*Automatic Guided Vehicles*) cukup pesat dan dinamis di pasaran. Pasalnya, Grand View Research (2017) menyebutkan bahwa pada periode 2018 hingga 2025, industri akan lebih berfokus pada potensi pertumbuhan dan peluang dari produksi AGV. Hal ini tentu didasarkan pada meningkatnya sistem manufaktur yang lebih fleksibel dan meningkatnya permintaan AGV yang disesuaikan dengan adaptasi otomatisasi industri oleh UKM [3].

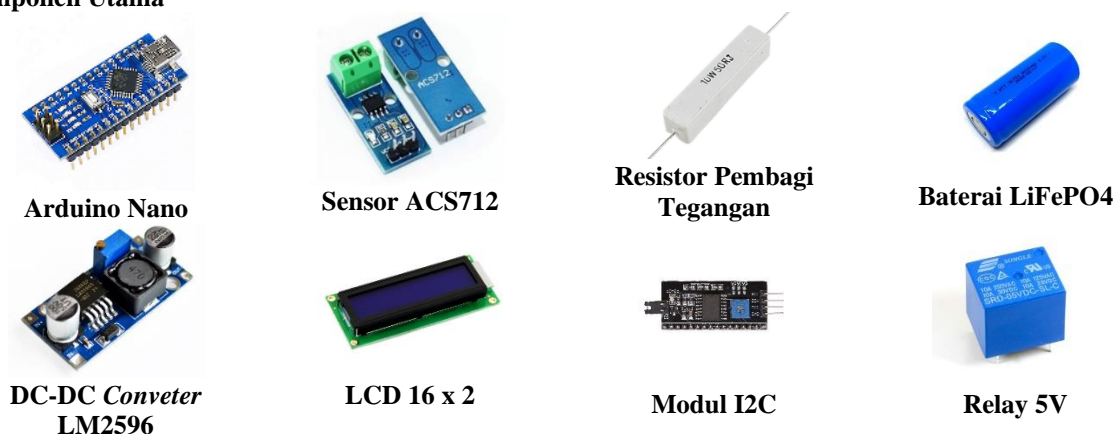
AGV (*Automatic Guided Vehicles*) merupakan kendaraan berpemandu otomatis yang bergerak dan dapat diprogram. AGV dalam aplikasinya di bidang industri, yaitu untuk dapat memindahkan material di sekitar proses manufaktur. AGV mampu melakukan pemilihan arah ataupun jalur kerja secara otomatis [5].

Kondisi yang dinilai cukup fatal dalam proses AGV beroperasi ada pada kondisi baterai yang dipengaruhi oleh proses charge ataupun discharge. Proses charging atau discharging ini tentunya berpengaruh pada usia baterai atau jangka pakai baterai kedepannya. [15]

Menggunakan *Coloumb Counting* dan OCV (*Open Circuit Voltage*) sebagai metode untuk mendapatkan nilai estimasi SOC (*State of Charge*) sebagai bentuk ataupun cara untuk menghindarkan kondisi *overcharging* maupun *overdischarging* yaitu dengan memperhatikan arus yang masuk maupun keluar dari baterai terhadap waktu dan melihat kondisi suhu pada lingkungan baterai atau dalam sebutan bahwa nilai OCV didapatkan apabila baterai dalam kondisi 'istirahat' atau dalam keadaan sedang tidak dialiri listrik (tanpa beban). [9]

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1 Komponen Utama



Gambar 1. Komponen Utama Penyusun *State of Charge*

#### a. Arduino Nano

Arduino Nano memiliki lebih atau kurang pada penggunaannya pada Arduino Duemilanove dengan cakupan (package) yang berbeda. Kekurangannya ada pada jack DC yang berfungsi setara dengan kabel USB mini tipe B, dan bukan kabel standar [8]. Dalam penelitian ini, Arduino menjadi pengendali utama atau sebagai mikrokontroler untuk dapat menjalankan rancangan yang telah deprogram melalui Arduino IDE.

#### b. Sensor ACS712

Perangkat dari Sensor ACS712 ini terdiri dari sirkuit Hall Linear yang presisi, offset yang rendah dengan jalur konduksi tembaga yang terletak di dept permukaan. Arus yang diterapkan mengalir melalui konduksi tembaga ini menghasilkan medan magnet yang diubah oleh IC Hall menjadi tegangan proporsional yang membuat proses penelitian (pendeteksian) arus lebih akurat dan teliti. Penggunaan Sensor ACS712 ini yaitu dengan pembacaan maksimal arus sebesar  $\pm 30A$ .

#### c. Sensor Tegangan

Sensor tegangan dilakukan dengan membagi tegangan yang terdapat pada rangkaian, konsep ini bisa disebut dengan konsep pembagi tegangan (voltage divider). Secara sederhana konsep ini dibentuk oleh rangkaian seri dari dua hambatan dengan sebuah suplai tegangan. Di antara kedua hambatan tersebut yang diambil sebuah jalur yang akan digunakan sesuai keperluan kita misalnya sebagai inputan ke mikrokontroler.

#### d. Baterai LiFePO4

Material dari baterai LiFePo4 merupakan salah satu katoda untuk Baterai Lithium Ion memiliki sifat yang relatif ramah lingkungan serta relatif tidak mahal dibandingkan dengan katoda lain berbahan Co atau Ni [13]. Baterai LiFePo4 ini memiliki tantangan tersendiri terkait penggunaannya, yaitu semakin meningkat dengan perubahan yang tidak dapat diubah dalam kinerja baterai di seluruh masa pakainya karena penurunan kapasitas maksimumnya [7] Selain itu, Baterai LiFePO4 ini digunakan karena memiliki tingkat siklus pemakaian baterai yang cukup tinggi dibandingkan jenis lainnya yaitu berkisar 1000-10.000 siklus.

#### e. DC to DC Converter

LM2596 mampu menjadi driver 3 A beban yang sangat baik. Perangkat ini tersedia dalam versi keluaran yang dapat disesuaikan dan dikompensasikan secara internal untuk meminimalkan jumlah komponen eksternal guna menyederhanakan desain catu daya. LM2596 ini merupakan catu daya mode sakelar, efisiensinya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan regulator linier tiga terminal yang populer.

#### f. LCD 16 x 2

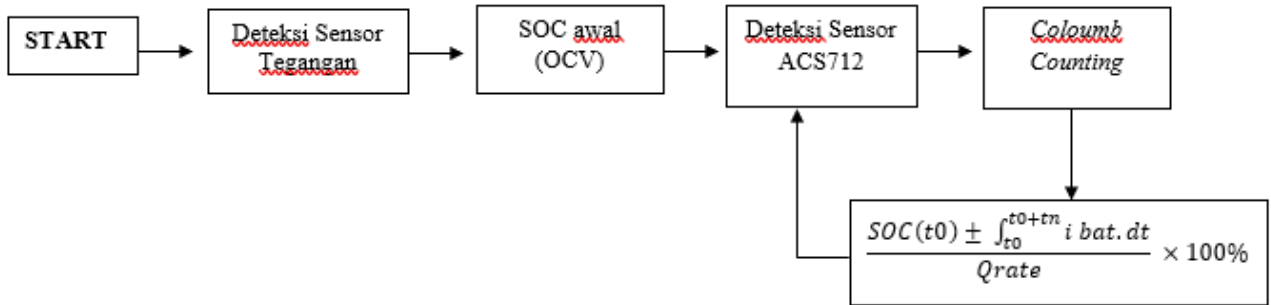
LCD 16 x 2 berfungsi untuk menampilkan text sesuai dengan program yang diberikan. LCD 16 x2 sangat populer karena built-innya Modul antarmuka (Interface) HD44780. Modul ini membuatnya sangat mudah untuk menambahkan LCD ke proyek apapun dengan set karakter bawaan dan struktur perintah yang mudah LCD – Layar Kristal Cair Daya lebih rendah daripada layar LED.

**g. Modul I2C**

I2C/TWI modul merupakan sebuah sistem peraga menggunakan LCD dot matriks 16 x 2 karakter berbasis IC Hitachi HD44780 dengan I2C serial bus kecepatan tinggi yang diproduksi oleh DFRobot. Sistem peraga LCD dot matrix 16 x 2 karakter berbasis IC HD44780 dapat dihubungkan ke board Arduino Nano hanya menggunakan 2 (dua) buah kaki Analog A4 dan A5 selain sumber tegangan DC +5 Volt. Kaki Analog A4 dan A5 dari Arduino Nano dihubungkan ke kaki SDA dan kaki SCL dari serial board [10]. Modul I2C ini dapat membantu LCD 16 x 2 dalam menampilkan data hasil pengujian yang telah dilakukan.

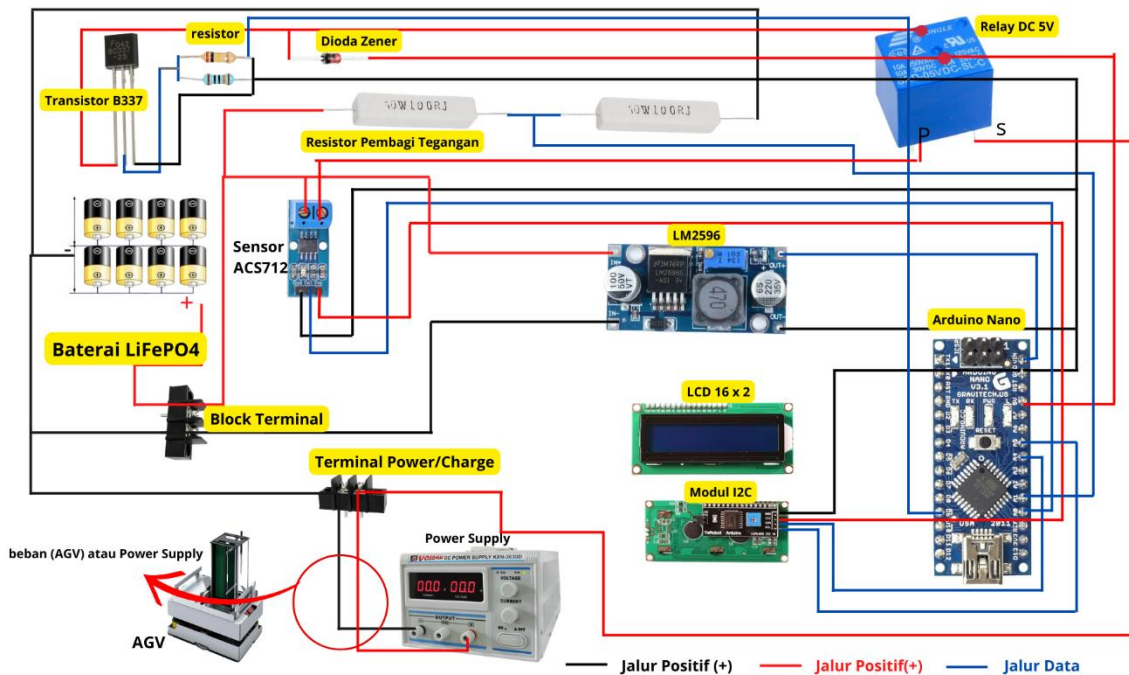
**2.2 Pembuatan Alat**

Perancangan alat dimulai dengan Perancangan Sistem SOC. Sistem SOC terdiri dari Sensor ASC712 sebagai pendeteksi sensor arus, Konsep Pembagi Tegangan sebagai Sensor Tegangan.



**Gambar 2.** Diagram Blok Perancangan SOC

Perancangan sistem SOC ini dapat dilihat pada Gambar 1. Keseluruhan sensor tegangan terintegrasi secara langsung menggunakan Arduino Nano sebagai mikrokontroler (pengendali utama) atau terminal penghubung antara satu komponen dengan lainnya, sehingga nantinya didapatkan pembacaan nilai tegangan dan arus lalu dibuat ke dalam bentuk metode yang telah disiapkan baik *Coloumb Counting* yang mendeteksi arus masuk-keluar baterai juga nilai tegangan yang didapatkan langsung pada saat baterai berada dalam kondisi ‘istirahat’ atau tidak dalam keadaan dialiri arus listrik. Keseluruhan sistem Perancangan SOC beserta *hardware* dapat digambarkan pada *wiring diagram* Gambar 3.



**Gambar 3.** Wiring Diagram Perancangan Hardware SOC

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1 Hasi Uji Drain**

Uji *Drain* dilakukan dengan menghubungkan baterai dengan beban yang telah terukur (resistor) dengan besaran resistansi yaitu 50 ohm, maka didapatkan hasil pengujian baterai yaitu pada tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil uji kapasitas baterai (Uji Drain)

Jam	Waktu (x 10 <sup>3</sup> s)	Tegangan (Volt)	Arus (A)
11.56	-	26,76	0,512
12.56	3,6	26,52	0,512
13.56	7,2	26,35	0,512
14.56	10,8	26,25	0,512
15.56	14,4	26,11	0,512
16.56	18	26,05	0,512
17.56	21,6	26,01	0,512
18.56	25,2	25,99	0,512
19.56	28,8	25,84	0,512
20.56	32,4	25,51	0,512
21.56	36,0	25,29	0,512
22.56	39,6	23,42	0,512
23.56	43,2	21,99	0,512

Berdasarkan hasil pengujian pengosongan baterai (Uji Drain) yang tertera pada Tabel 1 di atas didapatkan bahwa nilai deteksi maksimum tegangan sebelum dilakukan proses *draining* yaitu sebesar 26,76 volt dengan nilai arus konstan yang terhubung dengan beban (resistor) sebesar 50 ohm, dan nilai minimum tegangan yang terdeteksi dalam kondisi *cut off* yaitu sebesar 21,99 volt. Sehingga nilai kapasitas total baterai dapat dihitung sebesar 6,144 Ah berdasarkan perhitungan waktu yang dihabiskan dalam pelaksanaan *draining* baterai selama 12 jam dikalikan dengan arus konstan yang mengalir selama proses *draining* sebesar 0,512 A.

### 3.2 Hasil Validasi Sensor ACS712

Hasil Validasi Sensor ACS712 ini dilakukan dengan melakukan proses uji *charging* dan *discharging* baterai LiFePO<sub>4</sub> dengan validasi menggunakan multimeter. Hasil validasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Hasil validasi sensor ACS712

Kondisi	Detik ke- (10 <sup>2</sup> s)	Arus Arduino (Ampere)	Arus Multi (Ampere)	Error (%)	Rata-rata Error (%)
<i>Charging</i>	0,00	1,30	1,30	0 %	6,27 %
	1,20	0,70	0,70	0 %	
	2,40	0,46	0,40	15 %	
	3,60	0,34	0,30	13,33 %	
	4,80	1,00	1,10	9,09 %	
	7,20	0,65	0,70	7,14 %	
	7,80	1,45	1,60	9,37 %	
	16,20	1,10	1,30	15,38 %	
	17,40	0,96	1,00	4,00 %	
	19,80	0,87	0,90	3,33 %	
	25,80	0,77	0,80	3,75 %	
	34,80	1,17	1,20	2,50 %	
	43,80	1,05	1,10	4,54 %	
	46,20	1,86	2,00	7,00 %	
	55,20	2,24	2,40	6,66 %	
	61,20	2,16	2,30	6,08 %	
	66,60	1,97	2,10	6,19 %	
	82,20	1,83	1,90	3,68 %	
	88,80	1,72	1,80	4,44 %	
96,00	1,54	1,60	3,75 %		
103,80	1,31	1,40	6,42 %		

<b>Discharging</b>	24	0,512	0,512	0 %	<b>0,68 %</b>
	48	0,512	0,512	0 %	
	72	0,512	0,511	0,19 %	
	96	0,512	0,512	0 %	
	120	0,512	0,510	0,39 %	
	144	0,511	0,512	0,19 %	
	168	0,511	0,506	0,98 %	
	192	0,511	0,500	2,2 %	
	216	0,512	0,500	2,4 %	
	240	0,509	0,503	1,19 %	
	264	0,500	0,505	0,99 %	
	288	0,500	0,500	0 %	
	312	0,496	0,494	0,40%	

Berdasarkan tabel 2 yang menampilkan data hasil validasi Sensor ACS712, maka didapatkan data dalam dua kondisi, yaitu kondisi *charging* maupun *discharging*. Kondisi *charging* didapatkan nilai arus tertinggi yang terdeteksi sebesar 2,24 A dan nilai arus terendah yang terdeteksi sebesar 0,65 A dengan keseluruhan persentase error rata-rata sebesar 6,27%. Berbeda dengan kondisi *charging*, kondisi *discharging* berlangsung didapatkan nilai tertinggi arus yang terdeteksi sebesar 0.512 A dan nilai terendah arus yang dapat terdeteksi sebesar 0,496 A, serta nilai persentase rata-rata error sebesar 0,68%.

### 3.3 Hasil Validasi Sensor Tegangan

Validasi sensor dilakukan dengan menggunakan konsep pembagi tegangan (*voltage divider*) yaitu dengan menghitung kedua resistor yang terhubung secara seri disesuaikan dengan spesifikasi *output* yang diinginkan.

**Tabel 3** Hasil Validasi Sensor Tegangan

Kondisi	Detik ke- (10 <sup>2</sup> s)	Tegangan Arduino (Volt)	Tegangan Multi (Volt)	Error (%)	Rata-rata Error (%)
<b>Charging</b>	1,20	25	25,63	2,46 %	<b>0,27 %</b>
	2,40	25,65	25,65	0 %	
	3,60	25,65	25,73	0,31 %	
	4,80	25,65	25,86	0,81 %	
	7,20	26,00	26,01	0,04 %	
	7,80	26,00	26,24	0,91 %	
	16,20	26,26	26,31	0,19 %	
	17,40	26,34	26,36	0,08 %	
	19,80	26,39	26,4	0,04 %	
	25,80	26,43	26,44	0,04 %	
	34,80	26,54	26,56	0,08 %	
	43,80	26,59	26,6	0,04 %	
	46,20	26,78	26,79	0,04 %	
	55,20	26,93	26,96	0,11 %	
	61,20	26,98	27	0,07 %	
	66,60	27,01	27,03	0,07 %	
	82,20	27,10	27,11	0,04 %	
88,80	27,11	27,13	0,07 %		
96,00	27,15	27,17	0,07 %		
103,80	27,21	27,22	0,04 %		
<b>Discharging</b>	24	26,93	26,34	2,24 %	<b>2,75 %</b>
	48	26,93	26,28	2,47 %	
	72	26,93	26,27	2,51 %	
	96	26,93	26,25	2,59 %	



	120	26,93	26,17	2,90 %
	144	26,82	26,08	2,84 %
	168	26,8	26,04	2,92 %
	192	26,77	25,98	3,04 %
	216	26,64	25,94	2,69 %
	240	26,61	25,9	2,74 %
	264	26,53	25,8	2,83 %
	288	26,43	25,71	2,80 %
	312	26,06	25,26	3,17 %

Berdasarkan Tabel 3 yang menampilkan data hasil pengujian validasi sensor tegangan, didapatkan dua kondisi pengujian yaitu pada kondisi *charging* maupun *discharging*, validasi dibantu dengan multimeter untuk mengetahui nilai tegangan aktual. Maka, pada kondisi *charging* berlangsung nilai maksimum tegangan yang terdeteksi sebesar 27,22 volt dan nilai tegangan terendah sebesar 25 volt, serta rata-rata nilai persentase error tegangan yang terdeteksi sebesar 0,27 %. Sedangkan pada kondisi *discharging*, nilai tertinggi tegangan yang terdeteksi sebesar 26,93 volt dan nilai tegangan terendah yang terdeteksi sebesar 25,26 volt dengan rata-rata persentase error keseluruhan tegangan yang terdeteksi pada kondisi ini sebesar 2,75 %.

### 3.4 Hasil Uji State of Charge

Uji *State of Charge* dilakukan secara langsung dengan mengintegrasikan hasil PCB yang telah dicetak dan terhubung dengan seluruh komponen yang telah disolder dan terprogram, maka dapat langsung diuji coba menggunakan *Automatic Guided Vehicle* dengan data hasil pengujian pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Uji State of Charge

Waktu (t)	Arus (A)	Tegangan (v)	Estimasi SOC (%)	Keterangan
19:12:21	-0.18	26.53	99.24%	Diam
19:13:45	-0.13	26.53	99.21%	Diam
19:15:02	-0.36	26.45	99.11%	Jalan
19:17:16	-0.13	26.53	99.02%	Diam
19:17:52	-0.35	26.37	98.95%	Jalan
19:18:08	-0.10	26.53	98.92%	Diam
19:20:21	-0.14	26.56	98.85%	Diam
19:20:51	-0.16	26.50	98.77%	Diam

Berdasarkan Tabel 4 hasil pengujian langsung *State of Charge* terhadap prototipe *Automatic Guided Vehicle* berlangsung selang beberapa waktu yang mana dilakukan dalam dua kondisi, yaitu pada saat prototipe dalam keadaan diam atau tidak dalam kondisi beroperasi dan pada saat prototipe dalam keadaan berjalan atau dalam keadaan beroperasi. Didapatkan bahwa nilai SOC tertinggi yang terdeteksi dalam keadaan AGV berjalan (beroperasi) yaitu sebesar 99.11% dengan nilai tegangan dan arus yang terdeteksi sebesar 26,45 volt dan -0,36 A, sedangkan nilai terendah SOC yang terdeteksi dalam kondisi ini yaitu sebesar 98,95% dengan nilai tegangan dan arus yang terdeteksi sebesar 26,37 volt dan -0,35 A. Berbeda dengan kondisi pada saat AGV dalam kondisi berjalan, pada saat kondisi diam (tidak beroperasi), nilai SOC tertinggi yang terdeteksi sebesar 99,24% dengan nilai tegangan dan arus yang terdeteksi sebesar 26,53 volt dan -0,18 A, selain itu nilai SOC terendah yang terdeteksi pada kondisi ini yaitu sebesar 98,77% dengan nilai tegangan dan arus yang terdeteksi sebesar 26,50 volt dan -0,16 A.

### 3.5 Hasil Pengujian Sistem Monitoring

Pengujian keseluruhan SOC dilakukan dengan mengintegrasikan secara langsung terhadap prototipe *Automatic Guided Vehicle*. Uji coba dilakukan dengan memasang LCD guna menampilkan data hasil pengujian SOC. Hasil cetak PCB beserta komponen dan uji monitoring dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil Keseluruhan Proses Pengujian SOC

#### 4. Kesimpulan

Pada penelitian Perancangan *State of Charge & Sistem Cut Off* Baterai LiFePO<sub>4</sub> pada Prototipe *Automatic Guided Vehicle* ini didapatkan kesimpulan bahwa hasil pencetakan PCB keseluruhan komponen SOC didapatkan dimensi hasil *wiring* dan *routing* menggunakan *software eagle* sebesar 160 mm x 120 mm x 3 mm dan berhasil diuji coba secara langsung dengan AGV. Nilai kapasitas Baterai LiFePO<sub>4</sub> didapatkan sebesar 6,144 Ah berdasarkan persamaan rumus antara perkalian arus yang mengalir pada baterai dengan waktu yang digunakan dalam *draining* baterai. Dalam dua kondisi *charging* maupun *discharging* pada deteksi Sensor ACS712, didapatkan nilai tertinggi arus yang terdeteksi sebesar 2,24 A dan nilai terendah arus yang terdeteksi sebesar 0,34 A. Selain itu, dalam dua kondisi *charging* dan *discharging* validasi sensor tegangan, didapatkan nilai tertinggi tegangan yang terdeteksi dari dua kondisi tersebut adalah sebesar 27,21 volt dan nilai terendah tegangan yang terdeteksi sebesar 25 volt. Terakhir adalah uji coba SOC didapatkan dua kondisi percobaan pada saat AGV dalam keadaan beroperasi dan diam, didapatkan nilai tertinggi SOC yang terdeteksi sebesar 99,24% (awal pengujian berlangsung) dan nilai terendah didapatkan sebesar 98,77% (akhir pengujian berlangsung).

#### 5. Daftar Pustaka

- [1]. Agustina, M. N. P., Sutomo, A. D., & Widiyandari, H., 2021, "Design a battery management system (BMS) with an automatic cut off system on LFP (LiFePO<sub>4</sub>) battery type for powerbank application", In Journal of Physics: Conference Series, (Vol. 1825, No. 1, p. 012038). IOP Publishing.
- [2]. De Koster, R., Le-Anh, T., Van der Meer, J.R., 2004, "Testing and classifying vehicle dispatching rules in three real-world settings", Journal of Operations Management, 22(4): 369–386.
- [3]. De Ryck, M., Versteijhe, M., & Debrouwere, F., 2020, "Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques", Journal of Manufacturing Systems, 54: 152-173.
- [4]. Khair, U., Lubis, A. J., Agustha, I., & Zulfin, M., 2017, "Modeling and simulation of electrical prevention system using Arduino Uno, GSM modem, and ACS712 current sensor", In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 930, No. 1, p. 012049). IOP Publishing.
- [5]. Kumar, M., & Lama, D., 2015, "Design and Development of Cost Effective automatic cutoff PV Charge Controller with indicator", IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering, IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering, 10(3): 18-22.
- [6]. Lim, K., Bastawrous, H. A., Duong, V. H., See, K. W., Zhang, P., & Dou, S. X. (2016). Fading Kalman filter-based real-time state of charge estimation in LiFePO<sub>4</sub> battery-powered electric vehicles. Applied Energy, 169, 40-48.
- [7]. Lubudi, M. N. H., 2020, "Rancang Bangun Battery Management System Active Balancing Pada Baterai LI-ION 12V 2, 5Ah".
- [8]. Nano, A., 2018, Arduino Nano, A MOBICON Company.
- [9]. Ningrum, P., Windarko, N. A., & Suhariningsih, S., 2019, "Battery Management System (BMS) Dengan State Of Charge (SOC) Metode Modified Coulomb Counting", INOVTEK-Seri Elektro, 1(1): 1-10.

- [10]. Perdana, W. A., 2019, “*Alat Pemantau Kondisi Seorang Gamer*”, Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia.
- [11] Popescu, M., Goss, J., Staton, D. A., Hawkins, D., Chong, Y. C., & Boglietti, A., 2018, “*Electrical vehicles—Practical solutions for power traction motor systems*”, IEEE Transactions on Industry Applications, 54(3): 2751-2762.
- [12] Prihananto, P. L. D., Facta, M., & Sudjadi, S., 2019, “*PERANCANGAN CUT OFF SEBAGAI PEMUTUS TEGANGAN DAN ARUS SISTEM CHARGING BATERAI*”, Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 7(4): 911-817.
- [13] Suhaimi, L., Bahtiar, S., & Alfaruqi, M. H., 2020, “*Studi Teoritis Material Katoda Baterai Ion Litium LiFePO4 Berdasarkan Kalkulasi Teori Fungsional Kerapatan*”, Hexagon Jurnal Teknik dan Sains., 1(2): 52-56.
- [14] Vis, I. F., 2006, “*Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems*”, European Journal of Operational Research, 170(3): 677-709.
- [15] Zhan, X., Xu, L., Zhang, J., & Li, A., 2019, “*Study on AGVs battery charging strategy for improving utilization*”, Procedia CIRP, 81: 558-563.