



PENGUJIAN SENSITIVITAS DAN AKURASI SENSOR ARUS HALL EFFECT MENGGUNAKAN ARDUINO-UNO

Limbran Sampebatu¹, Simon Patabang², Jeremias Leda³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Atma Jaya Makassar Indonesia
Email: elsampebatu@gmail.com, spatabang@gmail.com, jeremias.leda@gmail.com,

ABSTRAK

Sensitivitas dan akurasi sensor arus hall effect merupakan faktor penting dalam penerapannya mengingat arus listrik merupakan parameter utama dalam studi teknik energi listrik, telekomunikasi maupun elektronika. Namun di lain pihak penelitian-penelitian terkait sensitivitas dan akurasi sensor arus hall effect masih jarang dilakukan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental laboratorium menggunakan sensor ACS712 dengan rating 5A, 20A dan 30A. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa sensitivitas berbanding terbalik dengan rating amper sensor ACS712 dimana makin besar rating arus sensor tersebut maka sensitivitasnya makin berkurang. Sedangkan akurasi berbanding lurus dengan rating amper sensor ACS712 dimana makin besar rating arus sensor maka makin akurat pula sensor tersebut.

Kata kunci: mikrokontroler, akusisi data, konversi analog digital

ABSTRACT

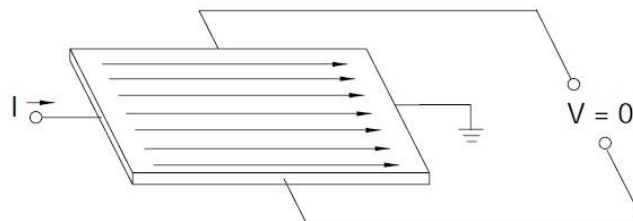
The sensitivity and accuracy of the hall effect current sensor is an important factor in its application considering that electric current is the main parameter in the study of electrical energy engineering, telecommunications and electronics. However, on the other hand, studies related to the sensitivity and accuracy of Hall effect current sensors are still rarely carried out. The method used in this research is an experimental laboratory study using the ACS712 sensor with a variation rating of 5A, 20A and 30A. The results show that the sensitivity is inversely proportional to the ampere rating of the ACS712 sensor where the greater the current rating of the sensor, the lower the sensitivity. While the accuracy is directly proportional to the ampere rating of the ACS712 sensor where the greater the current rating of the sensor, the more accurate the sensor is.

Keywords: microcontroller, data acquisition, analog to digital conversion

PENDAHULUAN

Prinsip dasar sensor hall effect

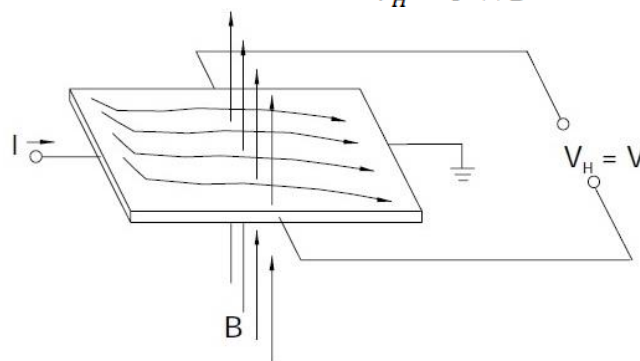
Prinsip dasar sensor arus *hall effect* adalah merubah arus yang mengalir melalui penghantar yang berada disekitar medan magnetik menjadi tegangan yang proporsional terhadap besar arus yang melewati penghantar tersebut (Radianto et al., 2013). Apabila tidak terdapat medan magnetik pada sensor maka distribusi arus yang mengalir pada sensor tidak menyebabkan timbulnya tegangan output sebagaimana terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Prinsip hall element tanpa medan magnetik

Akan tetapi apabila terdapat medan magnetik pada sensor maka arus yang mengalir pada penghantar menghasilkan tegangan output atau *hall voltage* V_H (Batinić et al., 2017) sebagaimana tampak pada gambar 2 yang mana V_H dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) berikut ini dimana I adalah arus yang mengalir [Amper] dan B merupakan kerapatan medan magnetik [Weber/m²].

$$V_H = I \times B \quad (1)$$



Gambar 2. Prinsip hall element dengan medan magnetik B

Aplikasi sensor arus hall effect

Sensor arus elektronik *hall effect* telah diaplikasikan secara luas, diantaranya sebagai pengendalian arus listrik (Gede et al., 2017), yang mencoba melakukan komunikasi melalui internet guna pengendalian alat yang tercatu pada baterai dari jarak jauh. Disamping itu mengontrol penggunaan peralatan listrik juga penting dilakukan dalam konteks manajemen energi listrik (Dalimunthe, 2018). Demikian juga, Satya Trias Prima telah berhasil merancang sistem alat pengukur arus menggunakan sensor ACS712 berbasis arduino-uno dimana hasil pengukurannya dibandingkan langsung dengan alat ukur clamp-meter (Satya Trias Prima et al., 2020).

Pengukuran dan monitoring energi listrik menggunakan jaringan GSM juga telah ditelaah melalui prototipe sistem pengukuran yang dapat melakukan pengukuran dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi (Yulizar, Ira Devi Sara, 2016). Demikian pula pengukuran dengan menggunakan *smart energy meter* yang mencakup *switching* sumber listrik *photovoltaic* dengan suplai PLN (Maulana et al., 2016), serta monitoring penyimpanan dan penyaluran energi listrik serta *home energy monitoring*

(Hidayat et al., 2019); (Eguzo et al., 2019); (Sulaksono and Agung, 2020). Penelitian terkait aplikasi *wireless smart system* berbasis *real time* otomasi juga telah ditelaah dengan hasil yang baik (Pratama et al., 2019);(Saraswati et al., 2020). Penerapan pada sistem proteksi berbasis SMS pada beban listrik rumah tangga (Leny, 2019), termasuk pemanfaatan internet of things (Pratama et al., 2019)(Adam et al., 2020) serta teknologi solar cell (Singh and Thakur, 2020) telah pula memperlihatkan luasnya aplikasi sensor arus *hall effect*.

Mencermati beragam aplikasi sensor arus *hall effect* tersebut maka diperlukan tinjauan khusus terkait sensitivitas dan akurasi. Dapat dipahami bahwa sensitivitas dan akurasi sensor arus berperan penting dalam penerapannya, seperti pada kebutuhan pengukuran dan monitoring energi listrik diperlukan sensitivitas dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan penerapan pada sistem proteksi maupun aplikasi *wireless smart system*. Secara umum sensor arus *hall effect* mempunyai karakteristik berbeda-beda oleh karena itu diperlukan kesesuaian antara karakteristik sensor dengan kebutuhan pengukuran arus tersebut.

Penelitian-penelitian terdahulu umumnya tentang penggunaan sensor arus elektronik hall effect pada berbagai kebutuhan penerapan namun masih jarang mengangkat persoalan sensitivitas dan akurasi. Penelitian ini merupakan kajian eksperimental karakteristik sensitivitas dan akurasi pada sensor arus *hall effect* tipe ACS712 dengan rating arus yang berbeda yakni 5A, 20A dan 30A kemudian dilakukan komparasi dengan bantuan *software* Matlab. Kemampuan Matlab di bidang *engineering* dapat terlihat dari penggunaan yang luas untuk rekayasa keteknikan diantaranya untuk studi telaah stabilitas transient sistem tenaga listrik (Leda and Tangdililing, 2017). Melalui komparasi sensitivitas dan akurasi maka pada gilirannya dapat dipilih rating sensor yang tepat sesuai kebutuhan sesungguhnya sehingga dapat mencegah terjadinya kesalahan deteksi maupun kerusakan pada peralatan atau kerusakan pada sensor itu sendiri.

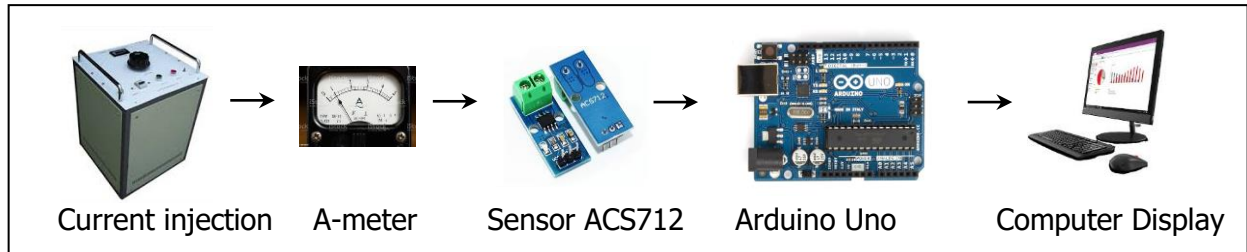
METODE PENELITIAN

Kajian Eksperimental

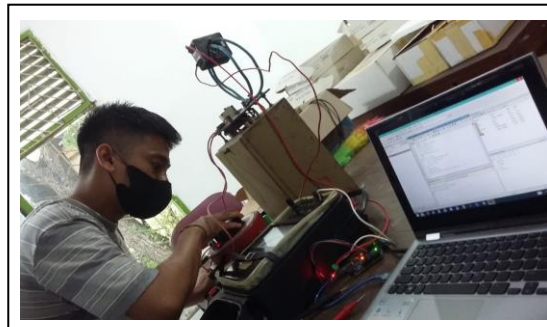
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Makassar. Peralatan utama yang dipergunakan adalah current injection supply, ampere meter standard, sensor arus ACS712 rating 5A, 20A dan 30A, mikrokontroler arduino-uno serta laptop dengan perangkat lunak Matlab sebagai pengolah data. Gambar 1, memperlihatkan diagram fungsional peralatan yang digunakan dalam penelitian ini. Untuk mendapatkan data pengukuran dilakukan sampling nilai digital sebanyak 1000 titik sample pada setiap nilai arus injeksi. Data yang diperoleh kemudian diolah secara numerik dengan metode statistik terkait nilai rata-rata, nilai tengah, nilai maksimum, nilai minimum dan standar deviasi.

Tahapan percobaan

Tahapan percobaan laboratorium dan pengambilan data dilakukan sebagai berikut: 1) Set-up peralatan hardware; 2) Menjalankan Matlab dengan coding yang dikembangkan; 3) Nilai injeksi arus ditentukan yakni 0,0-0,5-1,0-1,5-2,0-2,5 Amper; 4) Pengambilan data percobaan atau akusisi data serta recording. Langkah percobaan tersebut diulang pada masing-masing rating sensor arus tipe ACS712 yakni 5A, 20A dan 30A.



Gambar 3. Diagram fungsional peralatan



Gambar 4. Percobaan di laboratorium

Pengembangan perangkat lunak

Aplikasi yang digunakan adalah Matlab dengan coding yang dikembangkan sebagai berikut:

```
clear all;clc;
board = arduino('com3');disp('Arduino connected ...');
v = zeros(1000,1);
d = zeros(1000,1);
t = zeros(1000,1);
board.pinMode(14,'input');
tic;
for i = 1:1000;
    d(i) = board.analogRead(14);
    v(i) = (5/1023)*d(i);
    t(i) = toc;
end
seconds=toc;
freq=1/seconds;
clear board;disp('Arduino disconnected ...');
```

Data hasil percobaan direcord untuk kemudian dapat dianalisis fitur-fitur statistiknya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil percobaan

Fitur statistik pada data hasil percobaan nilai digital atau *analogue to digital conversion* (ADC) menggunakan rating sensor 5A, 20A dan 30A dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Fitur Statistik Nilai Digital (ADC) Sensor ACS712, Rating 5A

Fitur Statistik	Injected current (Amp)						Ket
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	
average	508	507	507	507	507	508	1000 sample point
median	508	508	506	505	505	507	
max	517	539	568	590	615	647	
min	499	476	447	423	399	364	
std dev	2,62	19,7 8	39,8 5	56,2 0	74,7 6	98,8 2	

Tabel 2. Fitur Statistik Nilai Digital (ADC) Sensor ACS712, Rating 20A

Fitur Statistik	Injected current (Amp)						Ket
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	
average	513	513	513	513	514	513	1000 sample point
median	513	513	513	514	514	514	
max	514	528	538	552	566	577	
min	512	498	488	475	460	448	
std dev	0,38	10,0 6	17,1 1	27,5 0	37,7 1	46,5 4	

Tabel 3. Fitur Statistik Nilai Digital (ADC) Sensor ACS712, Rating 30A

Fitur Statistik	Injected current (Amp)						Ket
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	
average	513	504	501	506	504	510	1000 sample point
median	513	504	501	505	504	509	
max	517	519	520	533	540	556	
min	509	490	482	478	467	467	
std dev	1,61	8,88	12,7 3	18,5 0	25,5 0	30,4 5	

Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah arduino uno dengan resolusi ADC 10 bit yang berarti mempunyai nilai tengah digital adalah 512. Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi. Resolusi ADC 10 bit memiliki output 10 bit data digital ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 1023 nilai diskrit atau $(2^n - 1)$ dimana $n = \text{bit}$. Akan tetapi pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 terlihat pergeseran nilai ADC ketika diberi arus injeksi menghasilkan pembacaan output nilai average maupun median ADC bervariasi namun tidak menyimpang jauh dari nilai 512 yang merupakan nilai tengah digital dimana setara dengan 2,5 output voltage pada terminal keluaran.

Sensitivitas

Sensitivitas merupakan perubahan output sensor, yakni perubahan tegangan pada pin output sebagai respon terhadap perubahan arus injeksi yang mengalir pada konduktor sebagai input. Sensitivitas biasanya dinyatakan dalam Volt/Amp atau miliVolt/Amp. Semakin tinggi sensitivitas maka semakin bagus, karena dapat

menghasilkan keluaran (output) yang proporsional terhadap sinyal masukan (input) yang kecil.

Tabel 4, tabel 5 dan tabel 6, memperlihatkan output voltage dari sensor ACS712 dengan rating 5A, 20A dan 30A. Nilai voltage diperoleh dengan cara kalkulasi berdasarkan fitur statistik yakni (max-min)/2 dikalikan dengan nilai resolusi 10 bit (5/1023). Kemudian dihitung nilai deltaV per amper. Nilai deltaV ini merupakan karakteristik sensitivitas.

Tabel 4. Output Voltage Sensor dan Sensitivitas ACS712, 5A

Injected current (Amp)	Output Voltage (Volt)		Sensitivitas (Volt/Amp)		
	dV=ADC × (5/1023)	Vout = dV + 2,5 Volt			
0,0	0,043988	2,543988	0,2517		
0,5	0,153959	2,653959		0,2542	
1,0	0,295699	2,795699			0,2322
1,5	0,408113	2,908113			
2,0	0,527859	3,027859	0,2835		
2,5	0,691593	3,191593			
Sensitivitas rata-rata (Volt/ Amp)			0,2554		

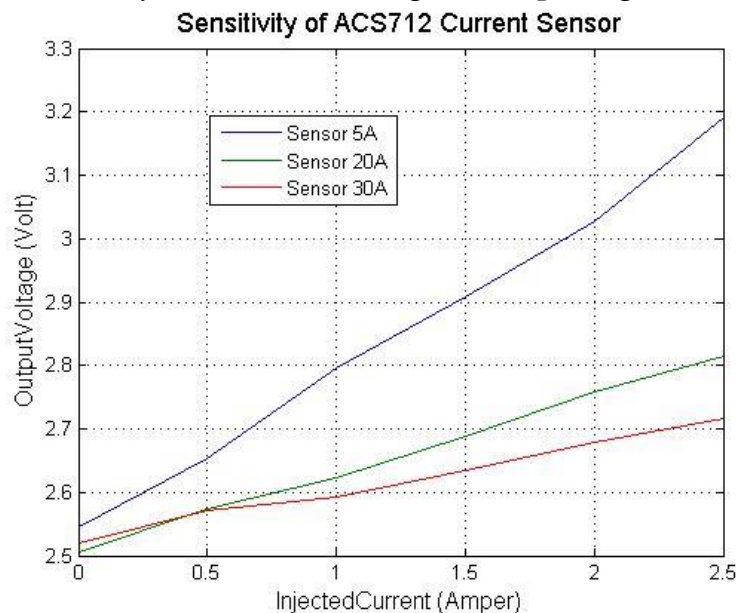
Tabel 5. Output Voltage Sensor dan Sensitivitas ACS712, 20A

Injected current (Amp)	Output Voltage (Volt)		Sensitivitas (Volt/Amp)		
	dV=ADC × (5/1023)	Vout = dV + 2,5 Volt			
0,0	0,004888	2,504888	0,1173		
0,5	0,073314	2,573314		0,1149	
1,0	0,122190	2,622190			0,1369
1,5	0,188172	2,688172			
2,0	0,259042	2,759042	0,1271		
2,5	0,315249	2,815249			
Sensitivitas rata-rata (Volt/ Amp)			0,1240		

Tabel 6. Output Voltage Sensor dan Sensitivitas ACS712, 30A

Injected current (Amp)	Output Voltage (Volt)		Sensitivitas (Volt/Amp)		
	dV=ADC × (5/1023)	Vout = dV + 2,5 Volt			
0,0	0,019550	2,519550	0,0733		
0,5	0,070870	2,570870		0,0635	
1,0	0,092864	2,592864			0,0855
1,5	0,134409	2,634409			
2,0	0,178397	2,678397	0,0831		
2,5	0,217498	2,717498			
Sensitivitas rata-rata (Volt/ Amp)			0,0764		

Berdasarkan hasil pada tabel 4, tabel 5 dan tabel 6, dapat dikatakan bahwa sensitivitas sensor tipe ACS712 rating 5A yang digunakan pada percobaan ini adalah 0,2554 Volt/Amper atau 255,4 mili Volt/Amper, ACS712 rating 20A mempunyai sensitivitas 0,1240 Volt/Amper atau 124,0 mili Volt/Amper sedangkan ACS712 30A sensitivitasnya adalah 0,0764 Volt/Amper atau 76,40 mili Volt/Amper. Dengan demikian sensor 5A lebih sensitif dibandingkan dengan sensor 20A maupun sensor 30A karena memberikan output voltage yang lebih besar untuk input injected current yang sama besar. Komparasi sensitivitas diperlihatkan secara grafis sebagai Output Voltage versus Injected current sebagaimana pada gambar 5.



Gambar 5. Kurva Sensitivitas Sensor 5A, 20A dan 30A

Akurasi

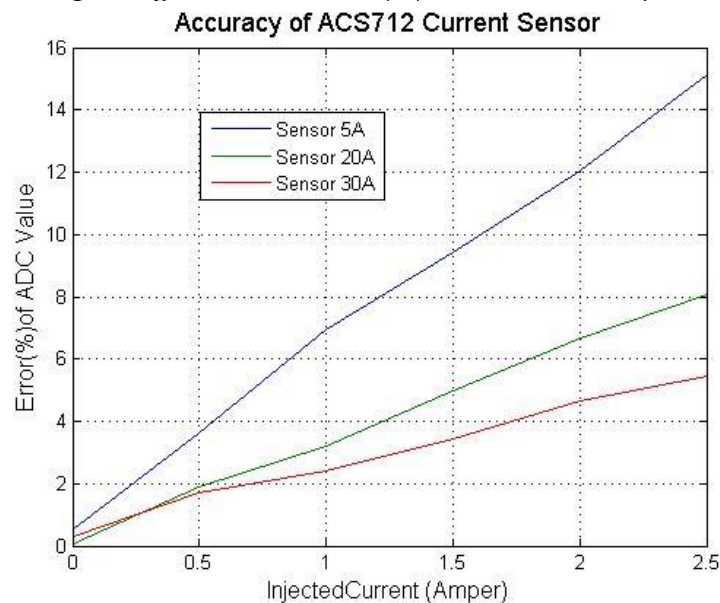
Akurasi sensor merupakan hubungan ideal antara input dan output yang tidak berubah terhadap waktu. Akurasi merepresentasikan deviasi maksimum nilai output aktual terhadap nilai ADC ideal. Nilai ADC ideal tersebut dikalkulasi dengan mengambil nilai tengah ADC 10 bit ditambah rata-rata ADC yakni $512 + (ADC_{max} - ADC_{min})/2$. Sedangkan ADC std dev merupakan fitur statistik yang diambil dari tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 secara berurutan sesuai rating sensor. Error (%) menyatakan seberapa besar kesalahan saat percobaan yang didapat dengan cara berikut yakni $[(ADC \text{ std dev}) / (ADC \text{ ideal})] \times 100\%$. Tabel 7 berikut memperlihatkan akurasi hasil percobaan laboratorium.

Tabel 7. Akurasi Nilai Digital

Injected current (Amp)	Current Sensor ACS712								
	Rating 5A			Rating 20A			Rating 30A		
	ADC ideal	ADC std dev	Error (%)	ADC ideal	ADC std dev	Error (%)	ADC ideal	ADC std dev	Error (%)
0,0	521	2,62	0,50	513	0,39	0,07	516	1,61	0,31
0,5	544	19,78	3,64	527	10,06	1,91	527	8,88	1,69
1,0	573	39,85	6,95	537	17,11	3,19	531	12,73	2,39

1,5	596	56,20	9,43	551	27,50	4,99	540	18,50	3,43
2,0	620	74,76	12,06	565	37,71	6,67	549	25,50	4,64
2,5	653	98,82	15,13	577	46,54	8,07	557	30,45	5,47

Berdasarkan hasil pada tabel 7, dapat dikatakan bahwa apabila injected current bertambah maka akurasi ADC makin menurun yangmana tampak melalui peningkatan error (%) pada masing-masing rating sensor. Secara umum, apabila dilakukan komparasi maka error (%) terbesar terjadi pada pada sensor 5A yakni berkisar 0%-15,13% kemudian menjadi lebih kecil pada sensor 20A pada kisaran 0%-8,07% serta semakin kecil lagi pada sensor 30A pada kisaran 0%-5,47%. Dengan kata lain, semakin besar rating sensor arus maka akurasinya semakin tinggi sebagaimana tampak secara grafis pada gambar 6, error (%) ADC versus injected current.



Gambar 6. Kurva Accuracy Sensor 5A, 20A dan 30A

KESIMPULAN

Merujuk pada hasil percobaan laboratorium maka dapat diperlihatkan hasil uji parameter sensitivitas dan akurasi pada sensor arus ACS712 dengan rating 5A, 20A dan 30A. Sensitivitas berbanding terbalik dengan rating amper sensor dimana makin besar rating arus sensor tersebut maka sensitivitasnya makin berkurang (Kurva sensitivitas pada gambar 5). Sedangkan akurasi berbanding lurus dengan rating amper sensor ACS712 dimana makin besar rating arus sensor maka makin akurat pula sensor tersebut (Kurva akurasi pada gambar 6). Dengan mengetahui karakteristik sensitivitas dan akurasi dimaksud dapat dijadikan dasar pertimbangan atau pedoman dalam penerapan sensor arus ACS712 secara nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Atma Jaya Makassar yang mendanai penelitian ini berdasarkan kontrak nomor:144/LPPM/UAJ/KKP/XII/2021 tertanggal 7 Desember 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, Adam, et al. "Penerapan IoT Untuk Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum." *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 5, no. 1, 2020, pp. 32–41, <https://doi.org/10.21831/elinvo.v5i1.31249>.
- Batinić, Branislav, et al. "Monitoring of the Discharge Current By Hall-Effect Sensor." *Journal of Production Engineering*, vol. 20, no. 1, 2017, pp. 39–42, <https://doi.org/10.24867/jpe-2017-01-039>.
- Dalimunthe, Ruri Ashari. *Pemantau Arus Listrik Berbasis Alarm Dengan Sensor Arus*. no. September, 2018.
- Eguzo, Chimezie, et al. *Design and Performance Analysis of a Home Energy Monitoring System*. no. 33, 2019, pp. 4241–49.
- Gede, Dewa, et al. *Implementasi Dan Analisis Penggunaan Logika Fuzzy Pada Implementation and Analysis Fuzzy Logic Use on Control Of*. no. 1, 2017, pp. 247–54.
- Hidayat, A., et al. *Monitoring Penyimpanan Dan Penyaluran Energi Listrik*. no. 2, 2019, pp. 2766–75.
- Leda, J., and F. Tangdililing. "Analysis of Power Angle Difference for Defining and Reducing Oscillation on Interconnected System: A Study on 150 KV South Sulawesi Grid." *2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)*, 2017, pp. 236–41, <https://doi.org/10.1109/ICHVEPS.2017.8225949>.
- Leny, Eno May. "Sistem Current Limiter Dan Monitoring Arus Serta Tegangan Menggunakan Sms Untuk Proteksi Pada Penggunaan Beban Rumah Tangga." *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 08, no. 1, 2019, pp. 39–46.
- Maulana, A., et al. "Sistem Pengukuran Energi Listrik Pada Smart Energy Meter Untuk Aplikasi Smart House Yang Menggunakan Rooftop Photovoltaic." *EProceedings ...*, vol. 6, no. 1, 2019, pp. 1047–54, <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/8930>.
- Pratama, Muhammad Bintang, et al. *Sistem Monitoring Pada Uninterruptible Power Supply Berbasis Internet of Things*. 2019, pp. 710–14.
- Radianto, Donny, et al. *Current Measurement Role For Supporting Smart Grid Appliances Based On Hall Effect Sensor*.
- Saraswati, F., et al. "Perancangan Dan Implementasi Wireless Smart Energy Meter Dengan Real Time Clock." *EProceedings ...*, vol. 7, no. 2, 2020, pp. 3908–16, <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/12943%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/download/12943/12628>.
- Satya Trias Prima, et al. *3548-15429-2-Pb*. no. 1, 2020, pp. 39–44.
- Singh, Tarun, and Ritula Thakur. "Design and Development of PV Solar Panel Data Logger." *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, vol. 7, no. 4, 2019, pp. 364–69, <https://doi.org/10.26438/ijcse/v7i4.364369>.
- Sulaksono, A. B., and A. I. Agung. "Prototype Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Dan Suhu Pada Transformator Tiga Fasa Berbasis Arduino Menggunakan Modul 3Dr." *Jurnal Teknik Elektro*, 2020, <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/32122>.
- Yulizar, Ira Devi Sara, Mahdi Syukri. "Pada Kamar Kos Dalam Satu Hunian Berbasis

Arduino Uno R3 Dan Gsm Shield Sim900." *Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 1, no. 3, 2016, pp. 47–56.