

Monitoring Power Usage on Humanoid Robot Wirelessly Using the INA219 Sensor

Monitoring Penggunaan Daya pada Robot Humanoid Secara Wireless Menggunakan Sensor INA219

Ibnu Fauzi, Nuryono Satya Widodo

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirimkan 02 Januari 2021,
Direvisi 03 Januari 2021,
Diterima 17 Februari 2021.

Kata Kunci:

Robot Humanoid;
Monitoring Daya;
Wireless;
Tegangan Listrik;
Arus Listrik

Penulis Korespondensi:

Ibnu Fauzi
Kampus 4 Universitas Ahmad
Dahlan, Jln. Ring Road Selatan,
Tamanan, Banguntapan,
Bantul, Yogyakarta, Indonesia

Surel/Email:
ibnufauzi2112@gmail.com

ABSTRACT / ABSTRAK

Currently, humanoid robot power measurements are only carried out when there is a robot's movement that is weakened or unable to move optimally. This is considered to be less than optimal in preventing damage / weakness of the robot's movement. The monitoring device is installed on each part of the humanoid robot, namely the hands and feet, then it will send the current and voltage results via the wireless system. The current sensor used is an INA219 type which is calibrated with a resistor. The power supply used is 12.6 V and the resistors for calibration are 15 Ohm, 18 Ohm, 22 Ohm, 39 Ohm, 47 Ohm, 56 Ohm with each resistor having a power resistance of 5W. The INA219 sensor can read the current, voltage, and power values of the resistor even though there are still differences when compared to multimeter measuring instruments. The results of sensor calibration with a resistor will be used as a comparison when monitoring the humanoid robot. NodeMCU ESP8266 as a microcontroller and wi-fi module. The web server can operate properly when there is a connection. Monitoring runs in real time for 1 second to refresh data. In the results obtained in all tests, all INA219 sensors can work, but are less accurate. For smooth wireless communication and in accordance with research objectives.

Saat ini pengukuran daya robot humanoid hanya dilakukan saat terdapat gerakan robot yang melemah atau tidak dapat bergerak secara maksimal. Hal ini dianggap masih kurang maksimal untuk mencegah kerusakan/ kelemahan gerakan pada robot. Alat monitoring dipasang pada setiap bagian robot humanoid yaitu tangan dan kaki, kemudian akan mengirimkan hasil arus dan tegangan melalui sistem *wireless*. Sensor arus yang digunakan bertipe INA219 yang dikalibrasi dengan resistor. *Power supply* yang digunakan 12,6 V dan resistor untuk kalibrasi adalah 15 Ohm, 18 Ohm, 22 Ohm, 39 Ohm, 47 Ohm, 56 Ohm dengan setiap resistor mempunyai hambatan daya sebesar 5W. Sensor INA219 dapat membaca nilai arus, tegangan, dan daya pada resistor walaupun masih terdapat selisih jika dibandingkan dengan alat ukur multimeter. Hasil kalibrasi sensor dengan resistor yang akan dijadikan perbandingan ketika memonitoring bagian robot humanoid. NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan modul *wi-fi*. *Web server* dapat beroperasi dengan baik apabila ada koneksi. Monitoring berjalan secara *real time* selama 1 detik untuk *refresh* data. Pada hasil yang telah didapatkan dalam semua pengujian, semua sensor INA219 dapat bekerja, namun kurang akurat. Untuk komunikasi secara nirkabel lancar dan sudah sesuai dengan tujuan penelitian.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Sitasi Dokumen ini:

I. Fauzi and N. S. Widodo, "Monitoring Power Usage on Humanoid Robot Wirelessly Using the INA219 Sensor," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 82-92, 2021. DOI: [10.12928/biste.v3i1.3334](https://doi.org/10.12928/biste.v3i1.3334)

1. PENDAHULUAN

Humanoid robot atau robot humanoid merupakan salah satu bentuk implementasi teknologi dalam bidang robotika [1]. R-SCUAD merupakan salah satu penelitian robot sepakbola humanoid yang dikembangkan oleh dosen dan mahasiswa Universitas Ahmad Dahlan. Saat ini, robot R-SCUAD dapat menirukan beberapa kemampuan layaknya manusia bermain sepakbola seperti mencari bola, menendang bola, bangun dari jatuh dan beberapa kemampuan lainnya. Robot humanoid menggunakan daya elektrik (listrik) dari baterai untuk melakukan berbagai gerakan [2]. Pengukuran arus dan tegangan perlu dilakukan secara periodik untuk menghindari adanya kekurangan daya pada robot sehingga berdampak pada gerakan yang dilakukan oleh robot kurang maksimal.

Saat ini pengukuran arus dan tegangan hanya dilakukan pada saat terdapat gerakan robot humanoid yang melemah atau tidak dapat bergerak secara maksimal saja dan data masih dikeluarkan secara manual. Hal ini tentu menghambat kemampuan robot. Pengembangan alat monitoring daya perlu dilakukan untuk meminimalkan masalah-masalah yang terjadi apabila arus dan tegangan tidak sesuai dengan kapasitas yang sudah ditentukan [3]. Terdeteksinya penurunan daya pada robot dapat ditindaklanjuti sebelum menimbulkan masalah.

Terdapat berbagai metode dalam monitoring tegangan baterai seperti menggunakan Internet of Things [4], SMS gateway [5], Wireless [6]. Pada penelitian ini alat monitoring yang dipasang pada setiap bagian robot humanoid akan mengirimkan hasil arus dan tegangan yang dikeluarkan oleh robot melalui sistem *wireless* [7][8] dan ditampilkan pada website [9]. Prinsipnya, alat ini sama dengan alat *wattmeter* namun dilakukan secara periodik guna memonitoring arus dan tegangan untuk dapat dipastikan stabil atau segera diberikan tindakan apabila hasil monitoring arus dan tegangan menunjukkan adanya kelebihan atau kekurangan daya yang diperlukan robot humanoid.

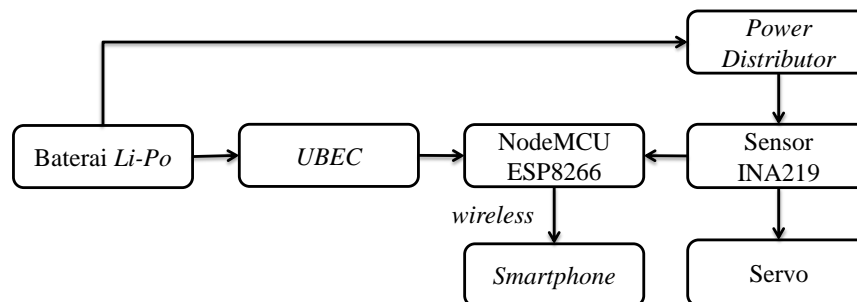
2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Sistem

Dalam merancang sistem ini, digunakan rancangan sistem dengan dua tahap perancangan yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Langkah pertama dalam perancangan sistem ini yaitu membuat blok diagram perangkat keras, kemudian dilanjutkan dengan membuat sistem NodeMCU ESP8266 dan rangkaian-rangkaian sensor. Langkah kedua yaitu membuat perangkat lunak/perintah yang digunakan untuk mengoperasikan sistem monitoring.

2.1.1 Perancangan *hardware*

Perancangan *hardware* dari sistem monitoring yaitu sistem NodeMCU ESP8266 yang bertugas sebagai pengendali sensor serta melakukan pengolahan data yang terbaca oleh setiap sensor kemudian dikirim kepada pengguna secara *wireless*. Sensor INA219 akan membaca nilai daya yang dihasilkan dari gerakan setiap bagian robot humanoid. Diagram blok perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

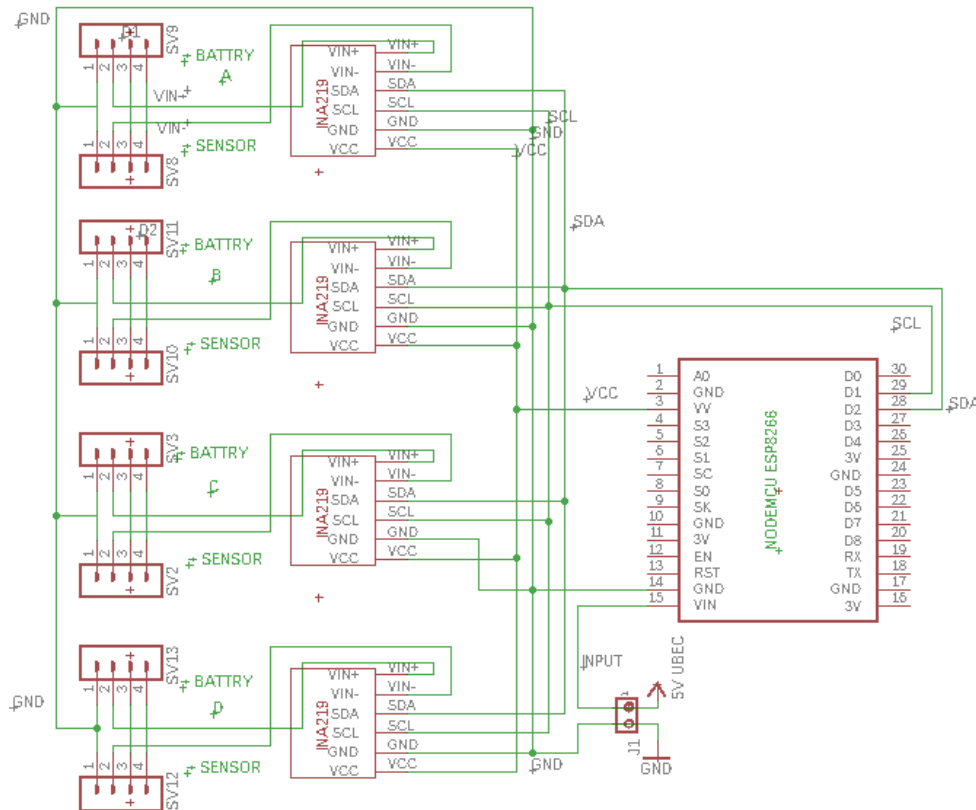


Gambar 1. Diagram Blok Perancangan Sistem

Perancangan alat Monitoring Penggunaan Daya Pada Robot Humanoid Secara *Wireless* Menggunakan Sensor INA219, dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah data yang terbaca oleh sensor INA219 yang kemudian dikirim kepada pengguna secara *wireless* dan sensor INA219 berfungsi sebagai pembaca nilai arus, tegangan, dan daya [10][11] pada setiap bagian robot humanoid.

Perakitan perangkat keras merupakan proses dalam menghubungkan semua perangkat, sehingga dapat membaca nilai sensor sampai memicu kinerja nilai *output*. Rangkaian keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 2. Dalam rangkaian input tegangan NodeMCU akan dihubungkan antara V_{in} dengan Tegangan UBEC 5V. Semua GND pada alat akan terhubung, input ke-4 sensor INA219 dari NodeMCU pin VV yaitu 5V. Selanjutnya power distributor adalah penghubung dari baterai ke sensor INA219 sebelum terhubung ke servo. Pin SDA ke-4 sensor INA219 terhubung dengan pin D2 NodeMCU, pin SCL ke-4 sensor INA219 terhubung

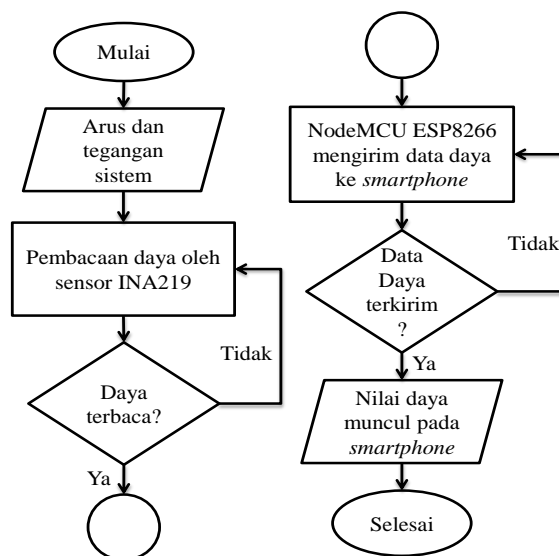
ke pin D1 NodeMCU, pin V- ke-4 sensor INA219 terhubung dengan + servo, dan pin V+ ke-4 sensor INA219 terhubung dengan + power distributor.



Gambar 2. Rangkaian Keseluruhan Sistem

2.1.2 Perancangan Software

Pada penelitian ini pemrograman NodeMCU ESP8266 menggunakan *software Arduino IDE* serta menggunakan bahasa C++. Sebelum menulis program menggunakan *software Arduino IDE*, dilakukan pembuatan diagram alir (*flowchart*) terlebih dahulu seperti pada Gambar 3. Saat *hardware* dimasukkan tegangan dalam hal ini catu daya, mikrokontroler akan memulai proses inisialisasi *input* maupun *output* serta variabel yang dibutuhkan. Data yang masuk ke dalam NodeMCU ESP8266 selanjutnya diolah.

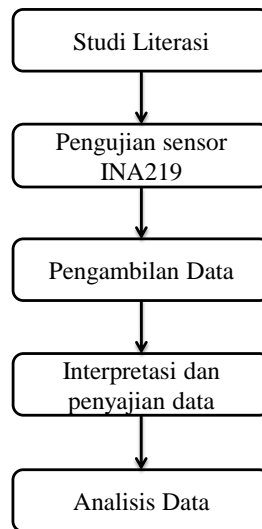


Gambar 3. Flowchart Proses Pembacaan dan Pengiriman Data

Ketika robot dijalankan maka robot akan bekerja. Bersamaan dengan itu, sensor INA219 juga mulai bekerja dan mulai membaca data (nilai arus, tegangan, dan daya yang dikeluarkan oleh *power distributor* ke servo). Setelah data berhasil terbaca oleh sensor INA219 kemudian akan dikirimkan ke *smartphone* secara *wireless* melalui NodeMCU ESP8266 yang sudah terkoneksi internet. Pembuatan *software* baris kode program dilakukan dengan menggunakan aplikasi *software* Arduino IDE versi 1.6.7 yang disesuaikan agar dapat menunjang kinerja alat secara keseluruhan.

2.2 Prosedur penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menguji sensor INA219, apakah dapat bekerja dengan benar atau belum. Data sensor INA219 yang telah didapat kemudian dikirimkan ke *smartphone* secara *wireless* menggunakan NodeMCU ESP8266. Hasil akhir yang ditampilkan adalah penyajian data dan grafik dari nilai yang didapat dari sensor INA219. Gambaran umum langkah-langkah kerja dalam penelitian ini dapat dilihat dalam diagram blok pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Langkah-Langkah Penelitian

2.2.1 Pengujian Sensor INA219

Pengujian sensor dilakukan dengan cara memasang sensor pada NodeMCU ESP8266 kemudian dicoba untuk mengambil data. Untuk mengukur tegangan, arus, dan daya dilakukan dengan menancapkan *output* pin V+ sensor INA219 ke sumber positif baterai. Begitu juga dengan *output* pin V- sensor INA219 ke sumber positif servo atau komponen yang mau diukur. Jadi pada dasarnya pengukuran sensor INA219 ini dilakukan secara seri. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan multimeter. Cara kalibrasi yang digunakan oleh penguji yaitu dengan membandingkan hasil pengukuran resistor menggunakan sensor INA219 dengan perhitungan manual seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2. Persamaan mencari nilai *error* adalah

$$Error = \frac{\text{Nilai Referensi} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Referensi}} \times 100 \%$$

Tabel 1. Pengujian Sensor INA219 (0x40) dan (0x41)

Resistor	Perhitungan Manual			Sensor INA219					
				(0x40)			(0x41)		
	V	I (A)	P (W)	V	I (A)	P (W)	V	I (A)	P (W)
15 Ohm	12,6	0,84	10,58	12,5	0,73	9,13	12,53	0,75	9,4
17,8 Ohm	12,6	0,71	8,95	12,5	0,65	8,13	12,53	0,63	7,89
21,9 Ohm	12,6	0,58	7,31	12,5	0,41	5,13	12,53	0,45	5,64
38,9 Ohm	12,6	0,32	4,03	12,5	0,29	3,63	12,53	0,3	3,75
47 Ohm	12,6	0,27	3,4	12,5	0,24	3	12,53	0,25	3,13
56,1 Ohm	12,6	0,22	2,77	12,5	0,21	2,63	12,53	0,21	2,63

Berdasarkan Tabel 1 perhitungan sensor (0x40) tersebut ketika menggunakan resistor 15 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,008 %, arus (I) 0,131 %, daya (P) 0,137 %, resistor 17,8 Ohm memiliki *error* tegangan (V) 0,008 %, arus (I) 0,085 %, daya (P) 0,092 %, resistor 21,9 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,008 %, arus (I) 0,293 %, daya (P) 0,298 %, resistor 38,9 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,008 %, arus (I) 0,094 %, daya (P) 0,099 %. Kemudian dengan menggunakan resistor 47 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,008 %, arus (I) sebesar 0,1 %, daya (P) sebesar 0,118 %. Selanjutnya yang terakhir dengan menggunakan resistor 56,1 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,008 %, arus (I) sebesar 0,045 %, daya (P) sebesar 0,051 %.

Perhitungan sensor (0x41) tersebut ketika menggunakan resistor 15 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,005 %, arus (I) 0,107 %, daya (P) 0,112 %, resistor 17,8 Ohm memiliki *error* tegangan (V) 0,005 %, arus (I) 0,113 %, daya (P) 0,118 %, resistor 21,9 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,005 %, arus (I) 0,224 %, daya (P) 0,228 %, resistor 38,9 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,005 %, arus (I) yaitu 0,063 Ohm, daya (P) sebesar 0,069 %. Kemudian dengan menggunakan resistor 47 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,005 %, arus (I) sebesar 0,074 %, daya (P) 0,079 %. Selanjutnya yang terakhir menggunakan resistor 56,1 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,005 %, arus (I) sebesar 0,045 %, daya (P) 0,051 %.

Tabel 2. Pengujian Sensor INA219 (0x44) dan (0x45)

Resistor	Perhitungan Manual			Sensor INA219					
				(0x44)			(0x45)		
	V	I (A)	P (W)	V	I (A)	P (W)	V	I (A)	P (W)
15 Ohm	12,6	0,84	10,58	12,52	0,75	9,39	12,56	0,77	9,67
17,8 Ohm	12,6	0,71	8,95	12,52	0,69	8,64	12,56	0,68	8,54
21,9 Ohm	12,6	0,58	7,31	12,52	0,55	6,89	12,56	0,55	6,91
38,9 Ohm	12,6	0,32	4,03	12,52	0,29	3,63	12,56	0,3	3,77
47 Ohm	12,6	0,27	3,4	12,52	0,25	3,13	12,56	0,25	3,14
56,1 Ohm	12,6	0,22	2,77	12,52	0,21	2,63	12,56	0,21	2,64

Berdasarkan Tabel 2 perhitungan sensor (0x44) tersebut ketika menggunakan resistor 15 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,006 %, arus (I) 0,107 %, daya (P) 0,112 %, resistor 17,8 Ohm memiliki *error* tegangan (V) 0,006 %, arus (I) 0,028 %, daya (P) 0,035 %, resistor 21,9 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,006 %, arus (I) 0,052 %, daya (P) 0,057 %, resistor 38,9 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,006 %, arus (I) 0,094 %, daya (P) 0,099 %. Kemudian dengan menggunakan resistor 47 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,006 %, arus (I) sebesar 0,074 %, daya (P) sebesar 0,076 %. Selanjutnya yang terakhir dengan menggunakan resistor 56,1 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 0,006 %, arus (I) sebesar 0,045 %, daya (P) sebesar 0,051 %.

Perhitungan sensor (0x45) tersebut ketika menggunakan resistor 15 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 5,80 %, arus (I) 4,61 %, daya (P) 9,89 %, resistor 17,8 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 5,80 %, arus (I) 4,61 %, daya (P) 9,89 %, resistor 21,9 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 5,80 %, arus (I) 4,61 %, daya (P) 9,89 %, resistor 38,9 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 6,45 %, arus (I) 1,32 %, daya (P) 7,77 %. Kemudian dengan menggunakan resistor 47 Ohm memiliki *error* tegangan (V) 6,68 %, arus (I) sebesar 2,72 %, daya (P) sebesar 10,49 %. Selanjutnya yang terakhir dengan menggunakan resistor 56,1 Ohm memiliki *error* tegangan (V) sebesar 5,29 %, arus (I) sebesar 2,33 %, daya (P) sebesar 6,75 %.

2.2.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan cara memasang output sensor sesuai dengan ketentuan. Kemudian diambil data arus, tegangan, dan daya selama beberapa menit atau beberapa kali pembacaan sensor, hasil tersebut akan dibandingkan dengan hasil baca oleh multimeter. Selain itu pengambilan data juga dilakukan dengan beberapa gerakan pada robot sepakbola. Untuk menguji pengiriman secara *wireless* sendiri dilakukan dengan cara pengambilan data saat robot sepakbola sedang bekerja atau berada jauh dari *smartphone*. Sehingga data yang dikirim melalui NodeMCU ESP8266 akan terbaca pada *smartphone*.

3.2.3 Mengirim Data Sensor INA219 ke *Smartphone* (Wireless)

Agar dapat mengirimkan data ke *smartphone*, maka perlu dilakukan pengkoneksian antara NodeMCU ESP8266 dengan *wi-fi*. Proses pengiriman data tersebut dilakukan secara nirkabel jika NodeMCU ESP8266 telah tersambung maka data yang dikirim akan berhasil dengan memasukkan *username* dan *password* yang sesuai untuk dimasukkan ke dalam *listing program*^[4]. Data yang sudah terkirim di *web server* nantinya akan berupa *data base* dan juga grafik. Pengiriman data terbaru selama proses berjalan akan membutuhkan waktu selama 5 detik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Sensor INA219 di Robot

Pengujian dan pengambilan data yang dilakukan di robot menggunakan empat sensor INA219 yang nanti hasilnya akan dikirim ke *web server* melalui NodeMCU ESP8266. Dari hasil percobaan pengambilan data dari nilai keempat sensor INA219 yang dihubungkan di setiap bagian yaitu tangan kanan dan kiri, kaki kanan dan kiri. Untuk memudahkan peneliti mengetahui konsumsi daya yang diberikan pada setiap bagian robot humanoid, peneliti memetakan penempatan setiap sensor. Sensor 1 (0x40) pada bagian tangan kiri, sensor 2 (0x41) pada bagian kaki kiri, sensor 3 (0x44) pada bagian tangan kanan, sensor 4 (0x45) pada bagian kaki kanan. Peneliti memonitoring yang pertama yaitu gerakan bangun depan seperti pada Tabel 3, yang kedua yaitu memonitoring gerak jalan robot seperti Tabel 4, yang ketiga yaitu memonitoring gerak tendang kaki kanan pada Tabel 5, kemudian yang keempat yaitu memonitoring tendang kaki kiri pada Tabel 6, dan yang terakhir kelima memonitoring gerak bangun belakang pada Tabel 7.

Tabel 3. Monitoring Pada Gerak Bangun Depan Robot

Waktu	Arus 1	Tegangan 1	Daya 1	Arus 2	Tegangan 2	Daya 2	Arus 3	Tegangan 3	Daya 3	Arus 4	Tegangan 4	Daya 4
11:15:50 AM	0,36	12,4	4,464	0,61	12,4	7,564	0,25	12,4	3,1	0,66	12,4	8,184
11:15:51 AM	0,36	12,4	4,464	0,6	12,4	7,44	0,25	12,4	3,1	0,66	12,4	8,184
11:15:52 AM	0,36	12,4	4,464	0,6	12,4	7,44	0,25	12,4	3,1	0,66	12,4	8,184
11:15:53 AM	0,36	12,4	4,464	0,62	12,4	7,688	0,24	12	2,88	0,78	12,4	9,672
11:15:54 AM	1,02	12,4	12,65	0,66	12	7,92	1,52	12,45	18,92	0,62	12	7,44
11:15:55 AM	0,71	12,4	8,804	1,26	12,4	15,62	0,24	12,4	2,976	1,14	12,4	14,14
11:15:56 AM	0,41	12	4,92	1,18	12,4	14,63	0,24	12,4	2,976	1,16	12,4	14,38
11:15:57 AM	0,36	12	4,32	1,21	12,4	15	0,24	12,4	2,976	0,63	12,4	7,812
11:15:58 AM	0,39	12,4	4,836	0,93	12,4	11,53	0,28	12,4	3,472	0,68	12,4	8,432

Berdasarkan data pada tabel Tabel 3 didapat nilai dari pengukuran dari setiap sensor untuk gerakan bangun depan. Diawali dari waktu 11:15:50 - 11:15:58 AM saat melakukan gerakan nilai arus mengalami lonjakan yang mengakibatkan adanya lonjakan konsumsi daya pada servo di bagian robot humanoid. Pada waktu 11:15:54 AM sensor 1 dan 3 mengalami lonjakan arus dengan posisi tangan kanan dan kiri sedang mengangkat badan untuk melakukan gerakan bangun, sedangkan di waktu 11:15:55 AM sampai selesai sensor 2 dan 4 mengalami lonjakan arus dikarenakan bagian kaki kanan dan kiri sedang membantu banggunya robot hingga berdiri.

Tabel 4. Monitoring Pada Gerak Jalan Robot

Waktu	Arus 1	Tegangan 1	Daya 1	Arus 2	Tegangan 2	Daya 2	Arus 3	Tegangan 3	Daya 3	Arus 4	Tegangan 4	Daya 4
10:56:43 AM	0,35	12,4	4,34	0,65	12,4	8,06	0,24	12,43	2,983	0,59	12,4	7,316
10:56:44 AM	0,33	12,4	4,092	0,66	12,4	8,184	0,23	12,43	2,859	0,59	12,4	7,316
10:56:45 AM	0,34	12	4,08	1,07	12,4	13,27	0,27	12,4	3,348	1,27	12,4	15,75
10:56:46 AM	1,04	12,4	12,9	1,54	12,4	19,1	1,76	12,43	21,88	0,64	12,4	7,936
10:56:47 AM	0,84	12,4	10,42	0,85	12,4	10,54	0,43	12,4	5,332	1,12	12,4	13,89
10:56:48 AM	0,44	12	5,28	2,3	12,43	28,59	0,38	12,4	4,712	1,5	12,4	18,6
10:56:49 AM	0,41	12,4	5,084	0,97	12,4	12,03	0,29	12,4	3,596	1,96	12,4	24,3

Waktu	Arus 1	Tegangan 1	Daya 1	Arus 2	Tegangan 2	Daya 2	Arus 3	Tegangan 3	Daya 3	Arus 4	Tegangan 4	Daya 4
10:56:50 AM	0,36	12,4	4,464	1,48	12,4	18,35	0,23	12,4	2,852	0,95	12,4	11,78
10:56:51 AM	0,39	12,4	4,836	2,54	12,43	31,57	0,29	12,4	3,596	0,72	12	8,64
10:56:52 AM	0,34	12,4	4,216	1,67	12,4	20,71	0,3	12,4	3,72	1,68	12,43	20,88
10:56:53 AM	0,42	12,4	5,208	2,39	12,43	29,71	0,27	12,4	3,348	0,64	12	7,68
10:56:54 AM	0,41	12,4	5,084	1,11	12,4	13,76	0,25	12,4	3,1	1,14	12,9	14,71
10:56:55 AM	0,48	12	5,76	1,18	12,4	14,63	0,23	12,4	2,852	1,51	12,43	18,77
10:56:56 AM	0,35	12,4	4,34	2,28	12,43	28,34	0,24	12,4	2,976	1,37	12,4	16,99
10:56:57 AM	0,33	12,4	4,092	1,56	12,4	19,34	0,24	12,4	2,976	1,34	12,4	16,62
10:56:58 AM	0,43	12,4	5,332	0,88	12,4	10,91	0,25	12,4	3,1	0,81	12,4	10,04
10:56:59 AM	1,01	12,4	12,52	1,13	12,4	14,01	0,27	12,4	3,348	1,97	12,43	24,49
10:57:00 AM	0,42	12,4	5,208	1,49	12,4	18,48	0,24	12,4	2,976	1,68	12,43	20,88
10:57:01 AM	0,35	12,4	4,34	1,53	12,4	18,97	0,23	12,4	2,852	1,22	12,4	15,13
10:57:02 AM	0,35	12,4	4,34	1,35	12,4	16,74	0,25	12,4	3,1	0,97	12,4	12,03
10:57:03 AM	0,38	12,4	4,712	1,13	12,4	14,01	0,23	12,4	2,852	0,77	12,4	9,548
10:57:04 AM	0,36	12,4	4,464	1,54	12,4	19,1	0,25	12,4	3,1	1,61	12,4	19,96
10:57:05 AM	0,4	12,4	4,96	0,85	12,4	10,54	0,3	12,4	3,72	1,8	12,4	22,32
10:57:06 AM	0,37	12,4	4,588	0,74	12,4	9,176	0,26	12,4	3,224	0,89	12,4	11,04
10:57:07 AM	0,36	12	4,32	1,13	12,4	14,01	0,33	12,4	4,092	1,29	12,4	16
10:57:08 AM	0,38	12,4	4,712	1,56	12,4	19,34	0,24	12,4	2,976	1,71	12,4	21,2

Berdasarkan data pada Tabel 4 didapat nilai dari pengukuran dari setiap sensor untuk gerakan jalan. Diawali dari waktu 10:56:43 - 10:57:08 AM saat melakukan gerakan nilai arus mengalami lonjakan yang mengakibatkan adanya lonjakan konsumsi daya pada servo di bagian robot humanoid. Pada sensor 1 dan 3 tidak terlalu berbeda arus yang didapatkan karena bagian tangan kiri dan kanan hanya untuk penyeimbang stabilnya jalan pada robot. Berbeda dengan sensor 2 dan 4 yaitu bagian kaki kiri dan kanan karena ada proses menopang badan secara bergantian.

Tabel 5. Monitoring Pada Gerak Tendang Kaki Kanan Robot

Waktu	Arus 1	Tegangan 1	Daya 1	Arus 2	Tegangan 2	Daya 2	Arus 3	Tegangan 3	Daya 3	Arus 4	Tegangan 4	Daya 4
11:38:31 AM	0,35	12,4	4,34	0,67	12,4	8,308	0,25	12,4	3,1	0,69	12,4	8,556
11:38:32 AM	0,36	12,4	4,464	0,65	12,4	8,06	0,25	12,4	3,1	0,69	12,4	8,556
11:38:33 AM	0,36	12,4	4,464	0,65	12,4	8,06	0,25	12,4	3,1	0,69	12,4	8,556
11:38:34 AM	0,36	12,4	4,464	0,66	12,4	8,184	0,25	12,4	3,1	0,69	12,4	8,556
11:38:35 AM	0,36	12,4	4,464	0,65	12,4	8,06	0,25	12,4	3,1	0,69	12,4	8,556
11:38:36 AM	0,34	12	4,08	2,02	12,43	25,11	0,23	12	2,76	0,61	12	7,32
11:38:37 AM	0,39	12,4	4,836	1,67	12,43	20,76	0,26	12,4	3,224	0,81	12,4	10,04
11:38:38 AM	0,38	11,58	4,4	2	12,43	24,86	0,27	12,4	3,348	0,78	12,4	9,672
11:38:39 AM	0,45	12	5,4	2,89	12,45	35,98	0,31	12	3,72	0,65	12	7,8
11:38:40 AM	0,4	12,4	4,96	1,18	12,4	14,63	0,33	12,4	4,092	0,68	12,4	8,432
11:38:41 AM	0,37	12,4	4,588	0,79	12,4	9,796	0,28	12,4	3,472	0,75	12,4	9,3
11:38:42 AM	0,38	12,4	4,712	0,74	12,4	9,176	0,28	12,4	3,472	0,66	12,4	8,184

Berdasarkan data pada Tabel 5 didapat nilai dari pengukuran dari setiap sensor untuk gerakan tendang kaki kanan. Diawali dari waktu 11:38:31 - 11:38:42 AM saat melakukan gerakan nilai arus mengalami lonjakan yang mengakibatkan adanya lonjakan konsumsi daya pada servo di bagian robot humanoid. Pada gerakan ini sensor 1 dan 3 arus yang didapat setiap waktunya hanya mengalami sedikit perubahan karena posisi tangan kiri dan kanan hanya sebagai penyeimbang robot saat melakukan gerak tendang kaki kanan. Sensor 2 yang terletak di bagian kaki kiri mengalami lonjakan dikarenakan menopang badan saat proses menendang. Sedangkan sensor 4 yang terletak pada kaki bagian kanan hanya menerima arus untuk menggerakkan servo agar robot melakukan gerak menendang.

Tabel 6. Monitoring Pada Gerak Tendang Kaki Kiri Robot

Waktu	Arus 1	Tegangan 1	Daya 1	Arus 2	Tegangan 2	Daya 2	Arus 3	Tegangan 3	Daya 3	Arus 4	Tegangan 4	Daya 4
11:48:08 AM	0,35	12,4	4,34	0,57	12,4	7,068	0,25	12,4	3,1	0,55	12,4	6,82
11:48:09 AM	0,35	12,4	4,34	0,6	12,4	7,44	0,25	12,4	3,1	0,61	12,4	7,564
11:48:10 AM	0,35	12,4	4,34	0,62	12,4	7,688	0,25	12,4	3,1	0,62	12,4	7,688
11:48:11 AM	0,37	12,4	4,588	0,59	12,4	7,316	0,24	12,4	2,976	1,13	12,43	14,05
11:48:12 AM	0,42	12	5,04	1,41	12,4	17,48	0,26	12	3,12	1,87	12,45	23,28
11:48:13 AM	0,43	12	5,16	1,03	12	12,36	0,32	12	3,84	2,5	12,45	31,13
11:48:14 AM	0,33	12,4	4,092	0,81	12	9,72	0,32	12,4	3,968	2,1	12,45	26,15
11:48:15 AM	0,41	12,4	5,084	0,58	12	6,96	0,31	12,4	3,844	1,64	12,45	20,42
11:48:16 AM	0,37	12,4	4,588	0,62	12,4	7,688	0,26	12,4	3,224	0,67	12,4	8,308
11:48:17 AM	0,37	12,4	4,588	0,64	12,4	7,936	0,26	12,4	3,224	0,67	12,4	8,308

Data-data pada Tabel 6 didapat nilai dari pengukuran dari setiap sensor untuk gerakan tendang kaki kiri. Diawali dari waktu 11:48:08 - 11:48:17 AM saat melakukan gerakan nilai arus mengalami lonjakan yang mengakibatkan adanya lonjakan konsumsi daya pada setiap servo di bagian robot humanoid. Pada proses ini yang membedakan dengan proses tendang kanan adalah sensor 2 yaitu bagian kaki kiri yang menendang dan sensor 4 yaitu pada bagian kaki kanan yang menopang badan.

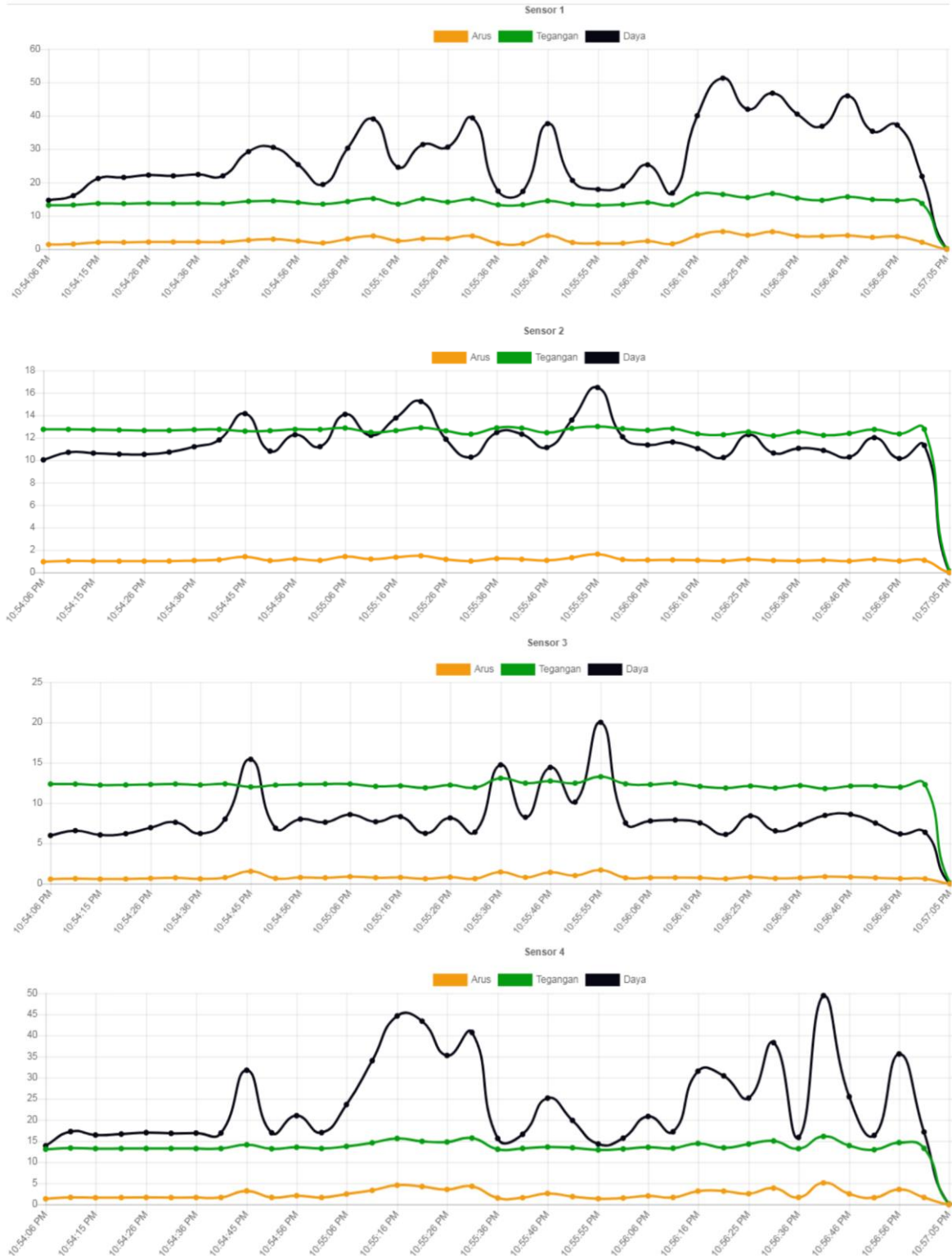
Tabel 7. Monitoring Pada Gerak Bangun Belakang Robot

Waktu	Arus 1	Tegangan 1	Daya 1	Arus 2	Tegangan 2	Daya 2	Arus 3	Tegangan 3	Daya 3	Arus 4	Tegangan 4	Daya 4
12:01:21 PM	0,5	12,4	6,2	1,4	12,4	17,36	0,35	12,4	4,34	0,94	12,4	11,66
12:01:22 PM	0,37	12,4	4,588	0,91	12,4	11,28	0,27	12,4	3,348	0,63	12,4	7,812
12:01:23 PM	0,37	12,4	4,588	0,93	12,4	11,53	0,27	12,4	3,348	0,63	12,4	7,812
12:01:24 PM	0,32	12,4	3,968	0,98	12,4	12,15	0,24	12,4	2,976	0,69	12,4	8,556
12:01:24 PM	0,49	12,4	6,076	1,2	12,4	14,88	0,72	12,4	8,928	1	12,4	12,4
12:01:25 PM	0,52	12,4	6,448	1,11	12,4	13,76	0,39	12,4	4,836	1,51	12,4	18,72
12:01:27 PM	0,34	12,4	4,216	0,81	12,4	10,04	0,25	12,4	3,1	0,59	12,4	7,316
12:01:28 PM	0,34	12,4	4,216	1,06	12,4	13,14	0,24	12,4	2,976	1,32	12,43	16,41
12:01:29 PM	0,4	12	4,8	2,28	12,45	28,39	0,27	12	3,24	2,43	12,43	30,2
12:01:30 PM	0,44	12,4	5,456	1,22	12,4	15,13	0,37	12,4	4,588	1,69	12,43	21,01
12:01:31 PM	0,38	12,4	4,712	1,24	12,4	15,38	0,27	12,4	3,348	1,82	12,43	22,62
12:01:32 PM	0,37	12,4	4,588	0,98	12,4	12,15	0,26	12,4	3,224	1,19	12,4	14,76
12:01:33 PM	0,37	12,4	4,588	1,02	12,4	12,65	0,26	12,4	3,224	1,19	12,4	14,76
12:03:40 PM	0,35	12,4	4,34	0,64	12,4	7,936	0,25	12,4	3,1	0,72	12,4	8,928

Berdasarkan data pada Tabel 7 didapat nilai dari pengukuran dari setiap sensor untuk gerakan bangun belakang. Diawali dari waktu 12:01:21 - 12:03:40 AM saat melakukan gerakan nilai arus mengalami lonjakan

yang mengakibatkan adanya lonjakan konsumsi daya pada setiap servo di bagian robot humanoid. Pada proses ini sensor 2 dan 4 yang terpasang pada kaki bagian kiri dan kanan lebih bekerja maksimal karena sebagai tumpuan badan saat proses dari jatuh sampai berdiri.

Hasil tampilan grafik pengukuran sensor 1 sampai sensor 4 pada website ditunjukkan pada Gambar 5. Terdapat 3 grafik yang ditampilkan yaitu grafik arus berwarna orange, grafik tegangan berwarna hijau dan grafik daya berwarna hitam. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa website dapat menampilkan nilai tersebut dengan baik dan sensor dapat bekerja mengukur nilai variabel besaran.



Gambar 5. Grafik Pengukuran Sensor 1 sampai Sensor 4 pada Tampilan Website

Pengujian fungsional merupakan pengujian untuk mengetahui alat secara keseluruhan, mulai dari sensor dan pengiriman data. Pengujian fungsional dilakukan dengan menjalankan fungsi alat secara keseluruhan. Berikut adalah hasil pengujian fungsional pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengujian fungsional

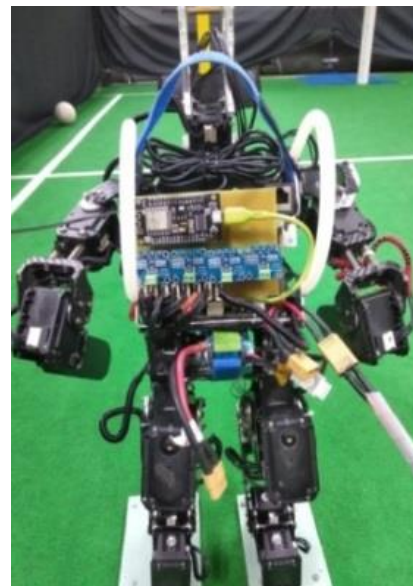
No	Komponen	Hasil Pengujian
1	Sensor INA219	Sensor INA219 dapat membaca nilai arus, tegangan, dan daya pada robot humanoid walaupun masih jauh dari kata sempurna jika dibandingkan dengan alat ukur multimeter.
3	NodeMCU ESP8266	NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan modul <i>wi-fi</i> , dapat terhubung dengan <i>wi-fi</i> yang telah dideklarasikan pada program. NodeMCU ESP8266 juga dapat mengirimkan data secara nirkabel dengan lancar.
3	Web server	Web server dapat beroperasi dengan baik, web tersebut akan berjalan apabila ada koneksi. Monitoring berjalan secara <i>real time</i> .

3.2 Rangkaian Alat

Rangkaian alat yang dimaksud adalah rangkaian keseluruhan alat yang telah di *packing* dijadikan satu. Terdapat empat buah lubang input dari *power distributor* dan empat buah lubang *output* alat ke *input* servo pada setiap bagian robot humanoid. Masing-masing lubang berfungsi untuk keluarnya *probe* atau kabel yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan, dan daya pada servo di setiap bagian robot humanoid. Pada rangkaian juga terdapat satu buah *input* yang digunakan untuk suplai daya ke NodeMCU ESP8266. Bentuk alat dapat dilihat pada Gambar 6 dan alat saat dipasang pada robot pada Gambar 7.



Gambar 6. Rangkaian alat



Gambar 7. Pemasangan alat pada robot

4. KESIMPULAN

Pada hasil yang telah didapatkan dalam semua pengujian, semua sensor INA219 dapat bekerja, namun kurang akurat sehingga membutuhkan kalibrasi untuk lebih dari satu sensor. Keempat sensor INA219 yang digunakan untuk pengukuran dapat bekerja secara bersamaan dan untuk melihat hasil yang dibaca oleh sensor adalah menggunakan *smartphone*. Untuk penampilan data melalui *smartphone* dibantu dengan *web server*. Adapun mikrokontroler yang digunakan pada modul ini adalah NodeMCU dengan *chip* ESP8266 sebagai *wi-fi*-nya. Untuk merancang sistem monitoring secara *wireless* yaitu dengan merangkai komponen sensor INA219 dengan NodeMCU ESP8266. NodeMCU ESP8266 dapat terkoneksi *wi-fi* dengan cara menuliskan alamat *wi-fi* dan *password wi-fi* pada *listing* program yang telah dibuat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada editor dan *reviewer* atas segala saran, masukan dan telah membantu dalam proses penerbitan naskah. Ucapan terima kasih juga ditunjukkan kepada pihak-pihak yang telah mendukung penelitian dan memberikan bantuan moral dan material.

REFERENSI

- [1] A. I. Bardani and N. S. Widodo, "Deteksi Zona pada KRSTI dengan Sensor Warna TCS3200," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 56–63, 2019. <https://doi.org/10.12928/biste.v1i2.955>
- [2] A. S. Samosir and N. S. Widodo, "Gyroscope and Accelerometer Sensor on the Lanange Jagad Dance Robot Balance System," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 51–58, 2020. <https://doi.org/10.12928/biste.v2i2.922>
- [3] D. W. Suryawan, Sudjadi, and Karnoto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Tegangan, Arus Dan Temperatur Pada Sistem Pencatu Daya Listrik Di Teknik Elektro Berbasis Mikrokontroler Atmega 128," *Transient*, vol. 1, no. 4, 2012. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/1274>
- [4] R. Fernando, I. P. D. Wibawa, and C. Ekaputri, "Sistem Kendali Dan Monitor Penggunaan Daya Listrik Pada Perangkat Listrik Rumah Berbasis IOT," *eProceeding of Engineering*, vol. 15, no. 2, 2018. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/8234>
- [5] M. Setiawan and R. D. Puriyanto, "Arduino-Based Battery Voltage Monitoring and SMS Gateway," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*. Vol. 2. No 3. pp. 111–118. 2020. <https://doi.org/10.12928/biste.v2i3.1478>
- [6] H. Yuliansyah, "Uji Kinerja Pengiriman Data Secara *Wireless* Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture," *Electrician Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 10, no. 2, 2016. <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/217>
- [7] A. Fitriandi, E. Komalasari, and H. Gusmedi, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway," *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, vol. 10, no. 2, 2016. <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/215>
- [8] R. I. Putra, Sunardi, and R. D. Puriyanto, "Pemantauan Tegangan Baterai *Lithium Polymer* pada Robot *Line Follower* secara Nirkabel," *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, 2016. <https://doi.org/10.12928/biste.v1i2.907>
- [9] Winasis, A. W. W. Nugraha., I. Rosyadi, "Desain Sistem Monitoring Nirkabel Berbasis *Website* Untuk Pemantauan Baterai Dan Beban Pembangkit Listrik Hibrida Surya – Angin," *Jurnal Teknik Elektro-ITP*. Vol. 5. No. 2. pp. 137–142. 2016. <https://ejournal.itp.ac.id/index.php/telekro/article/view/296>
- [10] A. Setiawan, D. Suryadi, and E. D. Marindani, "Catu Daya Digital Menggunakan LM2596 Berbasis Arduino Uno R3," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, 2020. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/39582>
- [11] Utama, Aditya W. "Rancang Bangun Solar Tracker dengan Sensor Light Dependent Resistor Berbasis Arduino." *Jurnal Citra Widya Edukasi*, vol. 11, No. 2, pp. 101-118, 2019. http://journal.cwe.ac.id/index.php/jurnal_citrawidyaedukasi/article/view/192

BIOGRAFI PENULIS**Ibnu Fauzi**

Ibnu Fauzi adalah mahasiswa program studi teknik elektro universitas Ahmad Dahlan.

**Nuryono Satya Widodo**

Nuryono Satya Widodo adalah dosen program studi teknik elektro universitas Ahmad Dahlan.