

## PERANCANGAN INSTRUMEN ALAT UKUR WATTMETER DIGITAL BERBASIS ARDUINO NANO DAN SENSOR PZEM-004T

Fauzan Amri<sup>1</sup>, Indra Fitriyanto<sup>2</sup>, Tri Haryanti<sup>3</sup>, Icha Fatwasauri<sup>4</sup>, Jauharotul Maknunah<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Politeknik Negeri Indramayu

Email: fauzanamri@polindra.ac.id<sup>1</sup>, indrafitriyanto@polindra.ac.id<sup>2</sup>, tri.haryanti@polindra.ac.id<sup>3</sup>, ichafatwasauri@polindra.ac.id<sup>4</sup>, jauharotul.m.h@gmail.com<sup>5</sup>

### Abstrak

*Energi listrik telah menjadi kebutuhan mendasar bagi setiap elemen masyarakat. Listrik dibutuhkan untuk menyalakan berbagai peralatan elektronik, komunikasi, rumah tangga, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, diperlukan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur besar daya listrik yang digunakan oleh masing-masing peralatan tersebut. Pada penelitian ini, telah dirancang sebuah instrumen alat ukur wattmeter digital berbasis Arduino Nano dan Sensor PZEM-004T yang dapat mengukur besaran daya listrik pada beban/alat listrik. Wattmeter yang telah dirancang pada penelitian ini telah diaplikasikan untuk mengukur daya listrik pada peralatan kantor maupun laboratorium diantaranya adalah alat listrik solder, high pressure cleaner, bor besi, gerinda, printer 3D, dispenser, glue gun, charger laptop, charger HP, dan lampu LED. Pengukuran daya listrik juga dilakukan menggunakan wattmeter komersil jenis electrical plug, agar dapat dilakukan perbandingan antara kedua instrument wattmeter tersebut. Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada 10 beban listrik dengan menggunakan wattmeter rancangan didapatkan nilai daya listrik yang mendekati daya listrik yang diukur dengan wattmeter komersil. Rata-rata galat atau error dari alat ukur wattmeter yang dirancang hanyalah sebesar 3,8 %. Hal ini menunjukkan bahwa alat ukur yang didesain memiliki kehandalan dalam mengukur daya listrik dari suatu beban/alat listrik.*

**Kata Kunci:** Wattmeter digital, Arduino Nano, PZEM-004T

### Abstract

*Electrical energy has become a basic need for every element of society. Electricity is needed to power various electronic, communication, household equipment, and so on. Therefore, we need a tool that can be used to measure the electrical power used by each of these devices. In this study, a digital wattmeter instrument based on Arduino Nano and the PZEM-004T Sensor has been designed that can measure the electric power in the load/electrical device. The wattmeter designed in this study has been applied to measure electrical power in office and laboratory equipment including soldering irons, high pressure cleaners, iron drills, grinders, 3D printers, dispensers, glue gun, laptop chargers, HP chargers, and LED lights. Electrical power measurements were also carried out using a commercial wattmeter of the electrical plug type, so that comparisons could be made between the two instrument wattmeters. From the results of measurements carried out on 10 electrical loads using a designed wattmeter, the value of the electric power is close to the electric power measured by a commercial wattmeter. The average error or error of the designed wattmeter measuring device is only 3.8 %. This shows that the measuring instrument is designed to have reliability in measuring the electric power of a load/electrical device.*

**Keywords:** Digital wattmeter, Arduino Nano, PZEM-004T

## I. PENDAHULUAN

Saat ini, listrik telah menjadi kebutuhan primer bagi setiap masyarakat Indonesia (Mufida et al., 2021). Hampir semua aktivitas manusia selalu berhubungan dengan energi listrik (Arifin et al., 2019; Fitriyanto & Amri, 2022). Di rumah tangga misalnya, alat-alat seperti pencahayaan rumah, alat-alat elektronik, peralatan memasak dan mencuci baju kesemuanya membutuhkan energi listrik agar dapat berfungsi dan berjalan dengan baik (Lukitasari et al., 2018; Prayitno et al., 2019; Widiyanti et al., 2020). Dalam penggunaan energi listrik diperlukan sebuah alat ukur wattmeter yang dapat digunakan untuk mengukur daya listrik yang terpakai oleh beban listrik (Muhammad & Azis, 2020; Rompis & Tado, 2019). Dengan mengetahui daya listrik dari masing-masing alat kita akan dapat memonitoring penggunaan listrik di dalam rumah sehingga dapat menghemat konsumsi listrik setiap harinya (Mustafa & Muhammad, 2020).

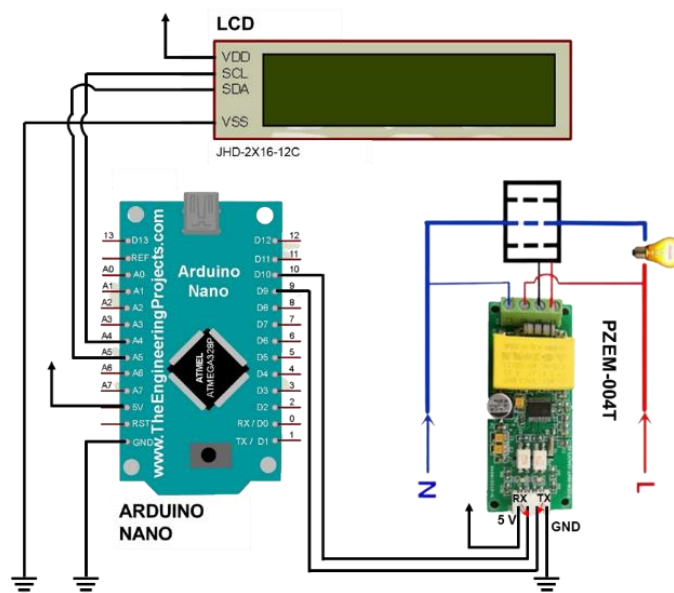
Perancangan wattmeter telah banyak difabrikasi menggunakan komponen Arduino, yaitu suatu *microcontroller* yang bersifat *open-source* yang dapat digunakan untuk merancang perangkat elektronik. Arduino yang sering digunakan dalam pembuatan wattmeter adalah Arduino Uno (Muljono et al., 2018), Arduino Uno R3 (Muhammad & Azis, 2020; Nasibu et al., 2022; Wahyu et al., 2018) dan Arduino Mega (Anwar et al., 2019; Ma'muriyah & Hamdani, 2019; Putra & Mukhaiyar, 2020). Dalam penelitian ini akan dirancang sebuah wattmeter digital berbasis Arduino Nano, yakni Arduino jenis lain yang belum pernah digunakan sebelumnya dalam fabrikasi

wattmeter digital. Ukurannya yang minimalis dan sederhana menjadikan Arduino Nano pilihan yang tepat dalam merancang peranti wattmeter yang simpel dan mudah dibawa (*portable*). Arduino Nano akan berperan sebagai modul *microcontroller* untuk memproses dan mengirim data pada sistem yang dirancang (Asmi & Candra, 2020; Hilmansyah et al., 2022). Alat ukur wattmeter ini juga akan didesain menggunakan komponen PZEM-004T, yaitu suatu sensor elektronik yang berfungsi untuk mengukur besaran-besaran listrik seperti tegangan, arus, frekuensi, energi, daya, dan faktor daya (Andriana et al., 2019; Harahap et al., 2020). Kelebihan sensor ini dibandingkan dengan jenis lainnya yaitu dapat memonitoring hasil pengukuran besaran listrik secara *realtime* dan dapat terhindar dari *drop* tegangan saat pengukuran dilakukan (Habibi et al., 2017).

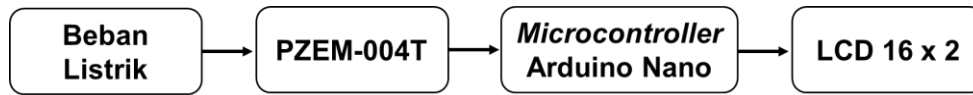
Melalui perancangan wattmeter digital berbasis Arduino Nano dan Sensor PZEM-004T ini diharapkan dapat dihasilkan sebuah instrumen alat ukur daya listrik yang akurat dan presisi, serta memiliki performa yang mendekati dengan wattmeter komersil yang sudah ada.

## II. METODE

Perancangan wattmeter digital ini didesain dengan menggunakan tiga jenis komponen, yaitu Sensor PZEM-004T versi 3.0, Arduino Nano, dan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16 x 2. Ketiga komponen tersebut disusun sesuai dengan skema rangkaian wattmeter digital yang disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram *wiring* wattmeter digital



Gambar 2. Sistem diagram blok

Gambar 1 menampilkan komponen input berupa sensor PZEM-004T yang membutuhkan tegangan DC (*Direct Current*) sebesar 5 Volt untuk mengaktifkannya. Pin TX dan RX pada PZEM-004T masing-masing dihubungkan pada pin 9 dan 10 Arduino Nano. Adapun pin GND dihubungkan ke *ground* untuk memproteksi PZEM-004T dari kerusakan akibat adanya kebocoran tegangan. Selanjutnya pada bagian sistem kendali, *microcontroller* Arduino Nano dihubungkan ke suplai tegangan DC 5 Volt agar dapat aktif dan bekerja pada sistem rangkaian. Pada bagian output rangkaian, pin VDD dan VSS pada LCD masing-masing dihubungkan pada sumber tegangan 5 Volt dan *ground*. Adapun pin SCL dan SDA masing-masing dihubungkan pada pin A4 dan A5 Arduino Nano (Chairunnisa & Wildian, 2022). Ringkasan tahapan wattmeter digital ini bekerja berdasarkan sistem diagram blok yang ditampilkan pada Gambar 2.

Setelah seluruh pin pada komponen terpasang dengan benar sesuai Gambar 1 lalu dilakukan

pemrograman sistem menggunakan *Software* Arduino versi 1.8.19. Coding yang digunakan dalam rangkaian wattmeter diambil dari *library* PZEM-004T (Mandula, 2021) dengan melakukan penyesuaian pada bagian outputnya. Coding yang telah siap digunakan pada sistem disajikan pada Gambar 3.

Sensor PZEM-004T yang digunakan pada rangkaian (lihat Gambar 1) berfungsi sebagai perangkat input untuk mengukur daya listrik dari beban yang terpasang pada sistem. Daya listrik yang telah terukur diteruskan ke Arduino Nano yang berperan sebagai sistem kendali pada rangkaian (Anwar et al., 2019). Arduino Nano akan mengatur keseluruhan proses mulai dari menerima, memproses, dan mengirim data pada sistem (Hilmansyah et al., 2022; Yulian & Sasmoko, 2015). Selanjutnya hasil pengukuran besaran listrik ditampilkan secara digital melalui komponen LCD. Secara keseluruhan, metode perancangan wattmeter digital berbasis Arduino Nano dan PZEM-004T ini ditunjukkan oleh diagram alir seperti pada Gambar 4.

```

PZEMSoftwareSerial | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
PZEMSoftwareSerial $
#include <LCD_I2C.h>

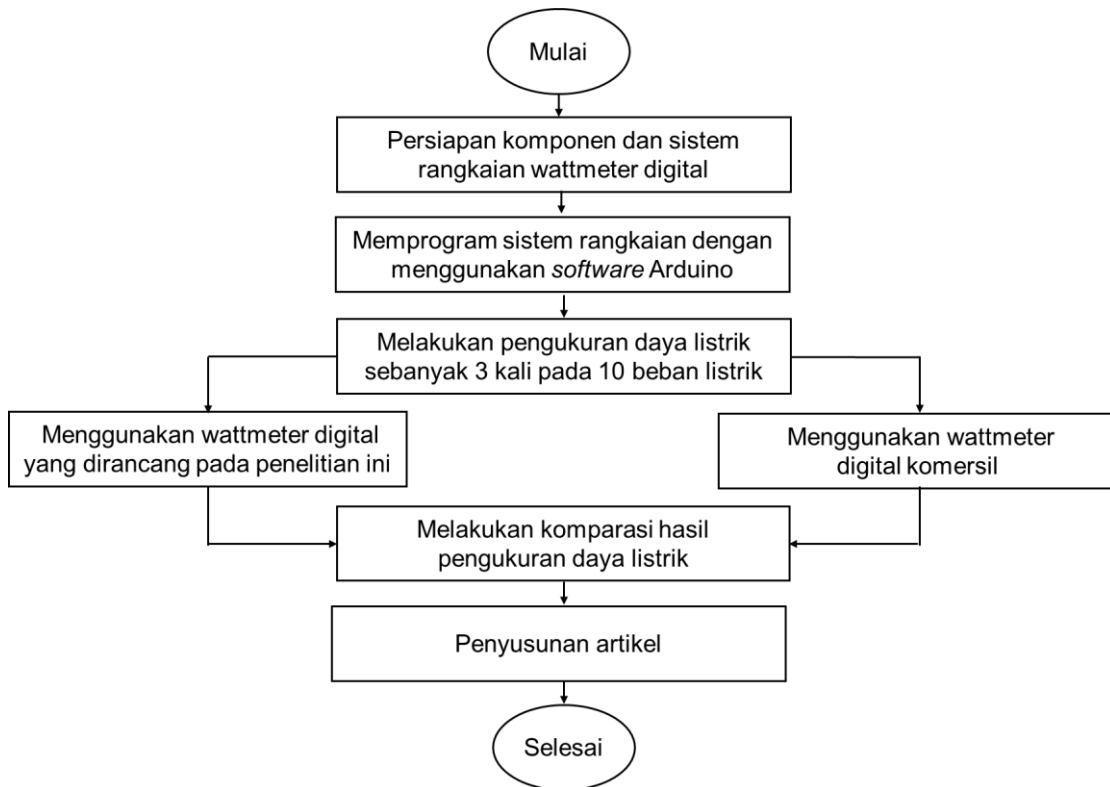
LCD_I2C lcd(0x27, 16, 2);

#include <PZEM004Tv30.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#if defined(ESP32)
  #error "Software Serial is not supported on the ESP32"
#endif

/* Use software serial for the PZEM
 * Pin 12 Rx (Connects to the Tx pin on the PZEM)
 * Pin 13 Tx (Connects to the Rx pin on the PZEM)
 */
#if !defined(PZEM_RX_PIN) && !defined(PZEM_TX_PIN)
#define PZEM_RX_PIN 9
  
```

Gambar 3. Coding pemrograman rangkaian wattmeter digital



Gambar 4. Diagram alir penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran daya listrik dengan menggunakan wattmeter yang telah dirancang dilakukan pada 10 beban listrik yang meliputi alat solder, *high pressure cleaner*, bor besi, gerinda, printer 3D, dispenser, glue gun, charger laptop, charger HP, dan lampu *light-emitting diode* (LED). Pengukuran daya listrik

juga dilakukan dengan menggunakan alat wattmeter komersil jenis *electrical plug* (spesifikasi lihat Tabel 1) pada beban yang sama agar dapat dilakukan komparasi hasil pengukuran daya listriknya. Uji coba pengukuran daya listrik ini dilakukan pada tegangan kerja 230 V AC/ 50Hz dan pada temperatur ruang 25 °C .



Gambar 5. Pengukuran daya listrik solder sebanyak tiga kali percobaan dengan menggunakan (a) wattmeter yang dirancang (hitam) dan (b) wattmeter komersil (putih)

Tabel 1. Spesifikasi wattmeter komersil jenis *electrical plug*

Merek	Intertek <i>Power Meter</i>
Tegangan operasi	230 V AC
Frekuensi	50 Hz
Arus operasi	Max 16 A
Rentang tegangan operasi	230 – 250 V
Rentang daya	0 – 3680 W
Rentang arus	0 – 16 A

Tabel 2. Hasil pengukuran daya listrik pada 10 alat

No	Beban	Wattmeter Komersial (Watt)				Wattmeter Rancangan (Watt)				Lama Pengambilan Data (Menit)	Galat   ( $\bar{P} - \bar{M}$ , Watt)	% Galat
		$P_1$	$P_2$	$P_3$	$\bar{P}$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$\bar{M}$			
1	<i>High pressure cleaner</i>	552,1	551,3	548,3	550,6	512,3	510,4	519,7	514,1	20	36,4	6,6
2	Bor besi	297,2	293,6	287,6	292,8	260,3	276,7	259,4	265,5	20	27,3	9,3
3	Gerinda	336,3	334,2	335,7	335,4	334,0	328,2	320,3	327,5	20	7,9	2,4
4	Printer 3D	473,5	473,1	475,3	474,0	472,1	473,1	470,1	471,8	5	2,2	0,5
5	Dispenser	349,5	349,3	350,1	349,6	348,0	349,3	349,2	348,8	5	0,8	0,2
6	Solder	35,2	35,4	35,3	35,3	34,2	34,4	34,2	34,3	10	1,0	2,9
7	Glue gun	45,0	44,6	45,2	44,9	44,6	46,8	45,2	45,5	15	0,6	1,3
8	Charger laptop	40,3	41,3	40,7	40,8	44,8	45,7	46,1	45,5	10	4,8	11,7
9	Charger HP	14,0	14,2	14,1	14,1	14,1	14,2	15,2	14,5	10	0,4	2,8
10	Lampu LED	13,0	13,1	13,0	13,0	13,0	13,1	13,0	13,0	20	0,0	0,0
Rata-Rata												3,8

Catatan

$P_1, P_2, \text{ dan } P_3$  = Pengukuran daya menggunakan wattmeter komersil pertama, kedua, dan ketiga (Watt)

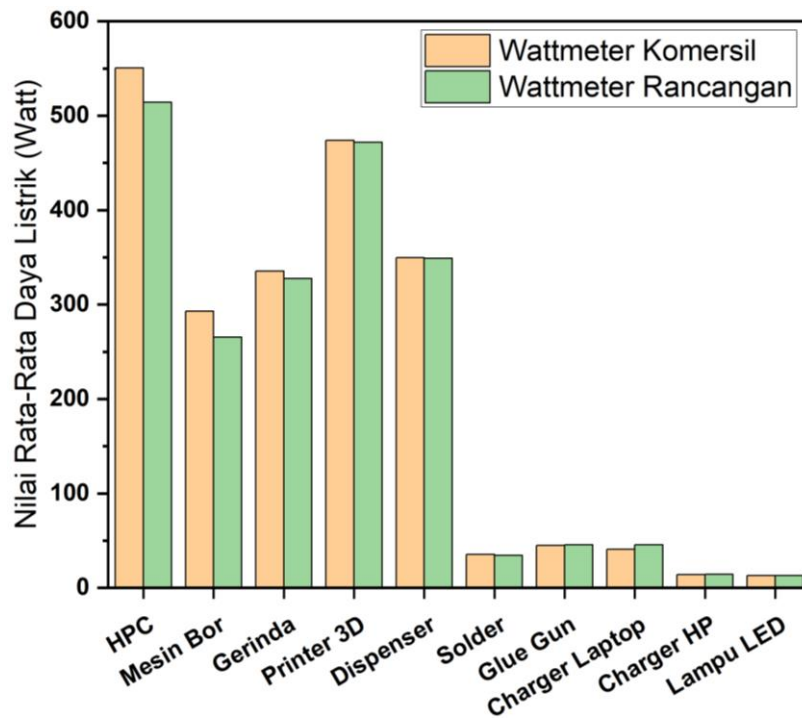
$M_1, M_2, \text{ dan } M_3$  = Pengukuran daya menggunakan wattmeter rancangan pertama, kedua, dan ketiga (Watt)

$\bar{P}$  dan  $\bar{M}$  = Rata-rata pengukuran daya dengan wattmeter komersil dan rancangan (Watt)

Berdasarkan Gambar 5, pengukuran daya listrik pertama kali dilakukan pada alat solder menggunakan wattmeter rancangan dan standar. Kegiatan ini dilakukan pada kondisi alat listrik, skala instrumen, dan temperatur ruang yang sama agar mendapatkan nilai ukur yang akurat dan terhindar dari anomali pengukuran. Dari hasil pengukuran tersebut, didapatkan nilai daya solder menggunakan wattmeter rancangan pada tiga kali pengukuran berturut-turut adalah 34,2; 34,4; dan 34,2 Watt, sedangkan dengan menggunakan wattmeter komersil pada tiga kali pengukuran berturut-turut adalah sebesar 35,2; 35,4; dan 35,3 Watt. Sehingga berdasarkan analisis didapatkan bahwa nilai rata-rata daya listrik solder untuk

masing-masing instrument wattmeter adalah 34,3 dan 35,3 Watt. Nilai daya yang hampir sama ini menunjukkan bahwa wattmeter yang telah dirancang menggunakan Arduino Nano dan PZEM-004T ini memiliki keakuratan dan presisi yang baik.

Sensor PZEM-004T bekerja dengan baik dalam mengukur daya listrik solder. Arduino Nano sebagai *microcontroller* juga mampu memproses data daya listrik solder dan mentransfernya ke LCD untuk ditampilkan dalam bentuk digital. Pengukuran daya listrik selanjutnya dilakukan pada 9 alat listrik lainnya. Hasil pengukuran besaran daya listrik yang terukur pada masing-masing beban disajikan pada Tabel 2.



Gambar 6. Perbandingan daya listrik yang terukur dengan wattmeter komersil dan wattmeter rancangan.

Dari hasil pengukuran tersebut didapatkan bahwa nilai daya dari beban listrik yang terukur tidak jauh berbeda saat beban listrik diukur dengan wattmeter rancangan dan dengan wattmeter komersil (lihat Tabel 2). Bahkan pada lampu LED nilai rata-rata daya yang terukur memiliki nilai yang sama sebesar 13 Watt.

Nilai galat atau *error* dari wattmeter rancangan dihitung dengan membandingkan hasil pembacaan daya listrik dengan alat ukur standar. Secara matematis nilai *error* didapatkan menggunakan Persamaan 1 (Habibi et al., 2017; Triawan & Sardi, 2020).

$$\varepsilon = \left| \frac{\bar{P} - \bar{M}}{\bar{P}} \right| \times 100 \% \quad (1)$$

keterangan:

- $\varepsilon$  = galat atau error (%)
- $\bar{P}$  = nilai rata-rata daya yang terukur dengan wattmeter standar (watt)
- $\bar{M}$  = nilai rata-rata daya yang terukur dengan wattmeter rancangan (watt)

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, nilai persen galat dari kesepuluh beban listrik disajikan pada kolom %Galat seperti yang tertera pada Tabel 2. Adapun, rata-rata nilai galat didapatkan dengan mencari nilai *average* dari kesepuluh data persen galat seperti yang tertera pada Persamaan 2.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

keterangan:

- $\bar{x}$  = rata-rata nilai galat (%)
- $x_i$  = nilai galat ke-i (%)
- $n$  = banyak data

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai rata-rata persen galat yang didapatkan hanya sebesar 3,8 %. Hal ini menunjukkan bahwa wattmeter yang dirancang memiliki keakuratan yang baik dalam mengukur besaran daya listrik pada beban.

Perbandingan nilai rata-rata daya listrik yang terukur untuk kedua instrumen wattmeter secara visual ditampilkan oleh diagram batang pada Gambar 6. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat jelas bahwa pengukuran daya listrik oleh wattmeter standar dan wattmeter rancangan untuk setiap beban memiliki nilai yang hampir sama.

#### IV. PENUTUP

##### Kesimpulan

Perancangan wattmeter digital berbasis Arduino Nano dan PZEM-004T yang telah dirancang pada penelitian ini memiliki keakuratan dan presisi yang tidak kalah baik bila dibandingkan dengan wattmeter

komersil yang beredar di pasaran. Dari hasil pengukuran yang dilakukan pada 10 beban listrik dengan menggunakan wattmeter yang dirancang didapatkan nilai daya listrik yang mendekati daya listrik yang diukur dengan wattmeter komersil. Rata-rata galat atau *error* dari alat ukur wattmeter yang dirancang hanyalah sebesar 3,8 %. Hal ini menunjukkan bahwa alat ukur yang didesain memiliki kehandalan dalam mengukur daya listrik dari suatu beban/alat listrik.

### Saran

Wattmeter digital yang dirancang pada penelitian ini kedepannya dapat dikembangkan dengan menggunakan komponen Relay untuk mengontrol menghidupkan dan mematikan beban serta dapat dihubungkan ke *Internet of Things (IoT)* agar daya listrik dapat dimonitor dimanapun dan kapanpun melalui jaringan internet.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Instrumentasi, Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu yang telah mengizinkan peminjaman alat dan bahan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

### V. DAFTAR PUSTAKA

- Andriana, A., Zulkarnain, Z., & Baehaqi, H. (2019). Sistem kWh Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T. *Jurnal TIARSIE*, 16(1), 29–34. <https://doi.org/10.32816/tiarsie.v16i1.43>
- Anwar, S., Artono, T., Nasrul, N., Dasrul, D., & Fadli, A. (2019). Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1), A272–A276.
- Arifin, N., Lubis, R. S., & Gapy, M. (2019). Rancang Bangun Prototype Power Meter 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega328P. *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, 4(1), 13–22.
- Asmi, J., & Candra, O. (2020). Prototype Solar Tracker Dua Sumbu Berbasis Microcontroller Arduino Nano dengan Sensor LDR. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 06(02), 54–63. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i2.108504>
- Chairunnisa, I., & Wildian, W. (2022). Rancang Bangun Alat Pemantau Biaya Pemakaian Energi Listrik Menggunakan Sensor PZEM-004T dan Aplikasi Blynk. *Jurnal Fisika Unand*, 11(2), 249–255. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.2.249-255.2022>
- Fitriyanto, I., & Amri, F. (2022). Rancang Bangun Alat Kontrol Saklar Listrik Jarak Jauh Berbasis Node-MCU dan Telegram. *Jurnal Rekayasa Energi*, 01(01), 36–42.
- Habibi, F. N., Setiawidayat, S., & Mukhsim, Moh. (2017). Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan*, 157–162.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., & Adam, M. (2020). Prototype Measuring Device for Electric Load in Households Using the PZEM-004T Sensor. *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, 2(3), 347–361. <https://doi.org/10.33258/birex.v2i3.1074>
- Hilmansyah, H., Aditya, A. W., & Laksono, F. A. (2022). Sistem Monitoring Daya Listrik Gedung Terpadu Politeknik Negeri Balikpapan Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknologi Terpadu*, 10(2), 164–170. <https://doi.org/10.32487/jtt.v10i2>
- Lukitasari, G., Haryadi, A., & Perdana, R. H. Y. P. (2018). Implementasi Power Line Communication (PLC) untuk Monitoring Penggunaan Arus di Politeknik Negeri Malang. *Jurnal JARTEL*, 7(2), 36–39. <https://doi.org/10.33795/jartel.v7i2>
- Ma'muriyah, N., & Hamdani, E. (2019). Prototipe Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Rumah Tangga Menggunakan Android. *Telcomatics*, 4(2), 20–27. <https://doi.org/10.37253/telcomatics.v4i2.613>
- Mandula, J. (2021). *PZEM-004T-v30*. <https://github.com/mandulaj/PZEM-004T-v30>
- Mufida, E., Adriansyah, M. I., Ihsan, N. M., & Anwar, R. S. (2021). Perancangan Alat Pendeteksi KWH Meter Berbasis Arduino Uno R3 dan ESP8266. *INSANtek – Jurnal Inovasi Dan Sains Teknik Elektro*, 2(1), 29–34. <https://doi.org/10.31294/instk.v2i1.442>
- Muhammad, U., & Azis, F. (2020). Rancang Bangun Media Pembelajaran Cos Phi Meter dan Wattmeter Berbasis Arduino. *Journal of Electrical Engginering (Joule)*, 1(2), 54–56. <https://doi.org/10.1234/joule.v1i2.111>
- Muljono, A. B., Nrartha, I. M. A., Ginarsa, I. M., & Suksmadana, I. M. B. (2018). Rancang Bangun Smart Energy Meter Berbasis UNO dan Raspberry Pi. *Jurnal Rekayasa Elektrika*,

- 14(1), 9–18.  
<https://doi.org/10.17529/jre.v14i1.8718>
- Mustafa, S., & Muhammad, U. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Smartphone. *Jurnal Media Elektrik*, 17(3), 127–130.
- Nasibu, I. Z., Musa, W., & Haras, A. R. (2022). Rancang Bangun Power Meter Berbasis Arduino. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1), 114–118.  
<https://doi.org/10.37905/jjee.v4i1.10768>
- Prayitno, B., Palupiningsih, P., & Agtriadi, H. B. (2019). Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things. *Jurnal Petir*, 12(1), 72–80.  
<https://doi.org/10.33322/petir.v12i1.333>
- Putra, D. A., & Mukhaiyar, R. (2020). Monitoring Data Listrik Secara Real Time. *Jurnal Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika*, 8(2), 26–34.  
<https://doi.org/10.24036/voteteknika.v8i2.109138>
- Rompis, L., & Tado, I. (2019). Perancangan Wattmeter DC Menggunakan Rangkaian Pengali Tegangan. *Jurnal Realtech*, 15(1), 1–6.
- Triawan, Y., & Sardi, J. (2020). Perancangan Sistem Otomatisasi pada Aquascape Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 76–83.  
<https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.30>
- Wahyu, M. I. L., Syaifurrahman, S., & Saleh, M. (2018). Rancang Bangun kWh Meter Digital Sebagai Penghitung Biaya Pemakaian Energi Listrik Berbasis Arduino UNO R3. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1), 1–8.
- Widiasari, C., Rendy, F., & Styorini, W. (2020). Sistem Monitoring Daya Listrik dan Pengontrolan Perangkat Elektronik Berbasis IoT. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi Dan Industri (SNTIKI)*, 342–349.
- Yulian, E., & Sasmoko, P. (2015). Wattmeter Digital dengan Mikrokontroler dan Arduino Uno 2. *Gema Teknologi*, 18(3), 121–125.  
<https://doi.org/10.14710/gt.v18i3.22033>